



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PERENCANAAN *SYNTHESIZER FREQUENCY*
HOPING PADA JARINGAN GSM**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik

ISNA WISANTI

0706199464

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM EKSTENSI
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Isna Wisanti

NPM : 0706199464

Tanda Tangan:

Tanggal : 13 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN**Seminar ini diajukan oleh :**

Nama : Isna Wisanti
NPM : 0706199464
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Seminar : Analisis Perencanaan Synthesizer Frequency Hoping pada Jaringan GSM

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir Rochmah N Sukardi Ny, Msc ()

Penguji : Ir Arifin Djauhari, MT ()

Penguji : Dr. Abdul Halim, MEng ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 13 Juli 2009

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat Nya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan penyusunan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir Rochmah N Sukardi Ny, Msc, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan seminar ini;
2. Ismail Sofyan dan M. Fahad yang telah membantu dalam usaha memperoleh informasi, referensi dan materi – materi yang dibutuhkan dalam proses penulisan tugas akhir ini.
3. Orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
4. Sahabat - sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 13 Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Isna Wisanti
NPM : 0706199464
Program Studi : Teknik Elektro
Departemen : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Perencanaan Synthesizer Frequency Hoping pada Jaringan GSM

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 13 Juli 2009
Yang menyatakan

(Isna Wisanti)

ABSTRAK

Nama : Isna Wisanti
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : Analisis Perencanaan *Synthesizer Frequency Hoping* Pada Jaringan GSM

Beberapa tahun terakhir perkembangan telekomunikasi GSM sangat pesat, untuk dapat memenuhi tuntutan kebutuhan pengguna dimasa yang akan datang yang semakin berkembang, diperlukan suatu teknik yang dapat mengatasi hal tersebut. Salah satu solusi adalah dengan menggunakan teknik *synthesizer frequency hopping* (SFH).

Synthesizer Frequency Hoping merupakan salah satu teknik *hopping* yang dipakai pada sistem GSM yaitu dengan melakukan perubahan frekuensi radio selama transmisi dengan mempergunakan *timeslot* yang berbeda, aliran data di *hop* ke frekuensi yang berbeda dalam TRX yang sama dan *timeslot* yang sama pula. Jumlah TRX akan ditentukan oleh trafik yang harus dilayani. Pada perencanaan SFH yang harus diperhatikan adalah daftar MA, pola MAIO dan HSN. Fungsi teknik *synthesizer frequency hopping* dapat meningkatkan kualitas sinyal, unjuk kerja jaringan dan kualitas suara pada jaringan GSM.

Kata Kunci :
Frekuensi, Time slot, TRX

ABSTRACT

Name : Isna Wisanti
Study Program : Electrical Engineering
Title : Analysis Synthesizer Frequency Hoping Planning in GSM Network

The latest years, cellular network telecommunication growth so fast. In order to fulfill the user's needs in the future, a technical which can solved this problems is required. The technical is Synthesizer Frequency Hoping (SFH). Synthesizer Frequency Hoping is one of the standardized capacity enhancement features in GSM system. SFH is changed radio frequency for transmission process using different time slot, data will hoping to different frequency in same TRX and time slot. TRX number will decided by traffic which must be service. Some important things should be prepare for SFH palnning are MA, MAIO and HSN. The function of SFH are increase sinyal quality, increase network performance and Voice quality in GSM Network..

Key word :
Frequency, Time slot, TRX

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR ISTILAH	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan.....	2
I.3 Pembatasan Masalah	2
I.4 Sitematika Penulisan	2
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 <i>Global System for Mobile (GSM)</i>	4
2.2 Arsitektur GSM	4
2.3 Arsitektur Protokol pada Jaringan GSM	7
2.4 Sel dan Sektor Jaringan GSM	8
2.5 Metode TDMA	8
2.6 Kanal pada GSM	11
2.6.1 Kanal Trafik	11
2.6.2 Kanal Kontrol.....	11
2.7 <i>Multipath</i>	12
2.8 <i>Frequency Diversity</i>	14
2.9 <i>Interference Diversity</i>	15
2.10 <i>Frequency Reuse</i>	15
2.11 Konsep <i>Frequency Hoping</i>	17
2.12 <i>Synthesizer Frequency Hoping</i>	17
2.13 Parameter – Parameter <i>Frequency Hoping</i>	18
2.13.1 <i>Interfrensi co-Channel dan Adjacent Channel</i>	19
2.13.2 <i>Handover Failure</i>	19
2.14 <i>Frequency Reuse</i>	20
2.14.1 <i>Effective Reuse</i>	20

2.14.2. <i>Frequency Allocation Reuse</i>	21
2.14.3 <i>Frequency Load</i>	21
2.14.4 <i>Hard Blocking Load</i>	22
2.14.5 <i>Fractional Load</i>	22
2.15 <i>Mobile Allocation (MA)</i>	23
2.16 <i>MAIO (Mobile Allocation Index Offset)</i>	26
2.17. <i>Hopping Sequence Number (HSN)</i>	27
BAB III PERENCANAAN SYNTHESIZER FREQUENCY HOPING	28
3.1. <i>Perencanaan Synthesizer Frequency Hopping</i>	29
3.1.1. <i>Perencanaan mobile Allocation(MA)</i>	29
3.1.2. <i>Perencanaan Frekuensi</i>	31
3.1.3. <i>Perencanaan MAIO</i>	33
3.1.4 <i>Perencanaan HSN</i>	35
3.1.5 <i>Pengukuran Drive test</i>	39
BAB IV ANALISIS DATA	44
4.1 <i>Analisis Perencanaan Frequency</i>	44
4.2 <i>Analisis MAIO (Mobile Allocation Index Offset)</i>	45
4.3. <i>Analisis Hopping Sequence Number (HSN)</i>	45
4.4 <i>Analisis Data Drivetest</i>	46
4.4.1 <i>AnalisisRX Level</i>	46
4.4.2. <i>Analisis RX Quality</i>	47
4.4.3 <i>Analisis MOS</i>	48
BAB V KESIMPULAN.....	50
DAFTAR ACUAN.....	51
DAFTAR REFERENSI	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Logical Structur pada BSS	6
Gambar 2.2 Interface BSS.....	6
Gambar 2.3 Penempatan Protokol Jaringan pada Komponen GSM	8
Gambar 2.4 Bentuk Sel Jaringan Seluler	9
Gambar 2.5 Sel Site.....	9
Gambar 2.6 TDMA	10
Gambar 2.7 Prinsip Pembagian Akses Berdasarkan TDMA	10
Gambar 2.8 Struktur Burst	11
Gambar 2.9 Pembagian Kanal Logika	12
Gambar 2.10 Penerima memperoleh beberapa sinyal multipath	13
Gambar 2.11 <i>Frequency Reuse</i> 1 Kluster	16
Gambar 2.12 <i>Frequency Reuse</i>	16
Gambar 2.13 Konsep <i>Frequency Reuse</i>	17
Gambar 2.14 Random Hoping	18
Gambar 2.15 Synthesizer Frequency Hoping	19
Gambar 2.16 Contoh Daftar MA dan MAIO	25
Gambar 3.1 Plot SFH Area Malang	38
Gambar 3.2 Area Cakupan Malang.....	39
Gambar 3.3 RX Level Sebelum Implementasi SFH	40
Gambar 3.4 RX Level Setelah Implementasi SFH	40
Gambar 3.5 RX Qual Sebelum Implementasi SFH.....	42
Gambar 3.6 RX Qual Setelah Implementasi SFH.....	42
Gambar 3.7 MOS Sebelum Implementasi SFH	43
Gambar 3.8 MOS Setelah Implementasi SFH	43
Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Frequency Load dan Jumlah Time Slot	45
Gambar 4.2 Grafik RX Level Sebelum dan Setelah Implementasi SFH	47
Gambar 4.3 Grafik RX Qual Sebelum dan Setelah Implementasi SFH.....	48
Gambar 4.4 MOS Sebelum dan Setelah Implementasi SFH.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ketentuan Parameter SFH.....	28
Tabel 3.2 Frekuensi yang akan di hoping (ARFCN).....	30
Tabel 3.3 Daftar Mobile Allocation untuk 5 site	31
Tabel 3.4 Ketentuan FAR dan Frequency Load.....	31
Tabel 3.5 Hasil Perhitungan LHW, Lfrac, dan Lfreq.....	32
Tabel 3.6 Tabel MAIOffset dan MAIOstep	33
Tabel 3.7 Pola MAIO untuk site	35
Tabel 3.8 Perbedaan HSN pada site A1,A2,A3,A4 dan A5.....	36
Tabel 3.9 Frekuensi Hoping pada site A2, HSN 19	37
Tabel 3.10 Konversi Besaran RX Level.....	39
Tabel 3.11 Konversi BR ke RX Quality	41
Tabel 3.12 Konversi Kualitas MOS	41
Tabel 4.1 Tabel Perbandingan TRX, Jumlah TCH dan Lfreq.....	44
Tabel 4.2 Perbandingan RX Lev Sebelum dan Sesudah SFH.....	46
Tabel 4.3 Perbandingan RX Qual Sebelum dan Sesudah SFH.....	48
Tabel 4.4 Perbandingan MOS Sebelum dan Sesudah SFH.....	49

DAFTAR ISTILAH

GSM	Global Service for Mobile
TDMA	Time Division Multiple Akses
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BCCH	Broadcast Control Channels
TCH	Traffic Channel
FH	Frequency Hoping
SFH	Synthesizer Frequency Hoping
MA	Mobile Allocation
MAIO	Mobile Allocation Index Offse
HSN	Hoping Sequence Number
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number
FAR	Frequency Allocation Reuse

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Tabel Erlang & Keteranganannya
- Lampiran 2. Daftar Frekuensi *Synthesizer Frequency Hoping*
- Lampiran 3. Slide Presentasi
- Lampiran 4. Dokumentasi Administrasi Tugas Akhir

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Global System for Mobile (GSM) adalah teknologi generasi ke dua dalam komunikasi selular. Beberapa tahun terakhir perkembangan telekomunikasi GSM sangat pesat, dapat dilihat adanya beberapa operator GSM di Indonesia. Akibat dari perkembangan ini, terjadi beberapa kendala, salah satunya dibatasinya frekuensi untuk setiap operator GSM. Dengan dibatasinya frekuensi ini maka akan terjadi kepadatan jaringan yang menyebabkan *Cell* pada jaringan GSM bersifat tidak homogen menyebabkan frekuensi tabrakan sehingga timbul interferensi. Salah satu solusi untuk mengurangi *interferensi* adalah dengan menggunakan aplikasi *frequency hopping*.

Frequency hopping adalah salah satu standar penambahan fitur dalam sistem GSM. Sistem ini menawarkan kapasitas gain tanpa membutuhkan biaya untuk infrastruktur. *Frequency hopping* dimasukkan dalam spesifikasi GSM terutama untuk mengatasi masalah spesifik yang mempengaruhi kualitas transmisi yaitu *interferensi*. *Interferensi* adalah gangguan yang terjadi disebabkan adanya sinyal lain yang frekuensinya sama. Untuk menghindari agar tidak terus menerus menggunakan frekuensi yang terinterferensi tsb, digunakan metode *frequency hopping*, yaitu selama pembicaraan, pelanggan akan menggunakan frekuensi yang berbeda- beda sehingga dapat memberikan akibat akumulasi interferensi yang tidak sama dan biasa disebut *interference Diversity*.

Frequency hopping secara singkat adalah perubahan frekuensi *carrier* pada jaringan radio antara *Base station* dengan *mobile station*. Pada GSM, satu frekuensi *carrier* dibagi menjadi 8 time slot. Setiap time slot menetapkan satu *physical channel*, yang menghubungkan menjadi satu jaringan antara *mobile station* dengan *base station*. Ada dua teknik *frequency hopping* yaitu *Baseband Frequency hopping* dan *Synthesizer frequency hopping*. Tetapi untuk saat ini yang sering diaplikasikan adalah *synthesizer frequency hopping* dikarenakan teknik ini lebih efektif dan kemungkinan penggunaan pengulangan frekuensi lebih banyak

karena teknik *Synthesizer Frequency Hoping* merupakan salah satu teknik *hoping* yang dipakai pada sistem GSM dengan melakukan perubahan frekuensi radio selama transmisi dengan mempergunakan *timeslot* yang berbeda, aliran data di *hop* ke frekuensi yang berbeda dalam TRX yang sama dan *timeslot* yang sama.

Tugas Akhir yang berjudul **ANALISIS PERENCANAAN SYNTHESIZER FREQUENCY HOPING PADA JARINGAN GSM** dibuat dengan mengangkat permasalahan di atas.

1.2 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui perencanaan metode *Synthesizer frequency hoping*
2. Menganalisa perencanaan teknik *Synthesizer frequency hoping* tersebut.

1.3 Pembatasan Masalah

Pembahasan dalam penulisan tugas akhir ini dibatasi pada analisis perencanaan frekuensi *synthesizer frequency hoping* sebelum dan sesudah implementasi pada area kota Malang.

1.4 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, penyusunan dibagi dalam 5 (lima) bab dan selanjutnya diperjelas dalam beberapa sub bab. Secara keseluruhan makalah ini disusun dalam sistematika sebagai berikut : Bab yang pertama merupakan Pendahuluan pada bab ini menjelaskan latar belakang masalah, maksud dan tujuan serta pembatasan masalah.

Pada bab kedua merupakan landasan teori yang menjelaskan mengenai dasar teori *Global Service for Mobile (GSM)*, Arsitektur GSM, Sel dan Sektor Jaringan GSM, Metode Akses Pada GSM, *Frequency Reuse* dan Parameter – Parameter yang digunakan.

Pada bab yang ke tiga menjelaskan mengenai perencanaan frekuensi *synthesizer frequency hoping*, konsep *synthesizer Fequency Hoping*, parameter – parameter yang digunakan dalam perencanaan *Synthesizer Frequency Hoping*.

Bab yang keempat berisi tentang analisis perencanaan *synthesizer frequency hopping* pada jaringan GSM sebelum di *hopping* dan setelah menggunakan teknik *synthesizer frequency hopping*.

Dan bab yang terakhir yaitu bab lima merupakan kesimpulan dari keseluruhan isi dari makalah tugas akhir mengenai Analisis Perencanaan *Synthesizer Frequency Hopping* pada Jaringan GSM.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 *Global Service for Mobile (GSM)*

Global System for Mobile (GSM) merupakan teknologi selular generasi kedua. Komunikasi jaringan selular bersifat *fullduplex* yaitu pengguna dapat mengirim serta menerima sinyal secara bersamaan. Sesuai dengan aturan ITU (*International Telecommunication Union*) frekuensi yang digunakan oleh jaringan GSM adalah pada range 900 MHz, yaitu frekuensi *uplink*: 890–915 MHz dan frekuensi *downlink*: 935–960 MHz. Lebar pita (*bandwidth*) yang digunakan adalah 25 Mhz dan lebar kanal sebesar 200 Khz. Dengan demikian akan diperoleh jumlah kanal sebanyak 125 kanal, dimana 124 kanal digunakan sebagai kanal suara dan 1 kanal untuk *signaling*.

Dengan jumlah kanal yang terbatas tersebut sehingga tidak bisa mengikuti perkembangan jumlah percakapan yang terus meningkat, maka ITU memutuskan untuk menambah alokasi frekuensi untuk *selular* yaitu di frekuensi 1800 MHz, yang disebut DCS (*Digital Cellular System*) atau GSM 1800. Pembagian frekuensinya adalah *uplink*: 1710-1785 Mhz dan frekuensi *downlink*: 1805-1880 Mhz. *Bandwidth* yang tersedia sebesar 75 Mhz dengan lebar kanal yang sama yaitu 200 Khz, maka pada GSM 1800 ini akan tersedia sebanyak 375 kanal.

2.2 **Arsitektur GSM**

Arsitektur jaringan selular terdiri dari perangkat yang saling mendukung antara lain :

a. *Base Stasion System (BSS)*, terdiri dari tiga perangkat yaitu :

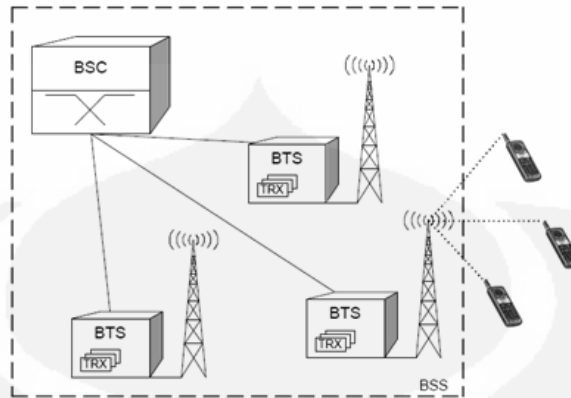
1. *Mobile Stasion (MS)*, perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk dapat memperoleh layanan komunikasi bergerak. MS dilengkapi dengan sebuah *smartcard* yang dikenal dengan SIM (*Subscriber Identity Module*) yang berisi nomor identitas pelanggan.
2. *Base Station Controller (BSC)*, membawahi beberapa BTS dan mengatur trafik yang datang dan pergi dari BSC menuju MSC atau BTS.

3. *Base Transceiver Station* (BTS), perangkat pemancar dan penerima yang memberikan pelayanan radio kepada mobile station (MS).

BSS mempunyai fungsi utama menyediakan konektivitas untuk MSS. BSS diimplementasikan sebagai dua entitas yaitu Base Station Controller (BSC) dan Base Transceiver Station (BTS). BSC merupakan unit kontrol dari BSS, dimana satu BSC dapat terhubung dengan beberapa BTS. BSC menangani alokasi dari kanal radio, frequency hopping, handover dari BTS ke BTS (Kecuali pada inter MSC handover dimana pengontrolan berada pada tanggung jawab NSC). Fungsi penting BSC adalah konsentrator dimana berbagai koneksi berkecepatan rendah yang terhubung ke BTS akan berjurang sampai sejumlah kecil koneksi yang menuju MSC.

BSC menyediakan informasi yang dibutuhkan untuk *Network Management Subsystems* (NMS). *Database* untuk semua tempat, termasuk informasi seperti frekuensi pembawa, daftar frekuensi *hoping*, level pengurangan daya, penerimaan sinyal untuk perhitungan batas sel, semuanya disimpan di BSC. Data ini diperoleh langsung dari bagian perencanaan radio yang mengikutsertakan pemodelan dari propagasi sinyal begitu pula dengan proyeksi trafik. Di dalam BTS terdapat radio penerima dan pengirim dalam satu sel jaringan GSM yang menangani protokol hubungan radio dengan telepon pelanggan.

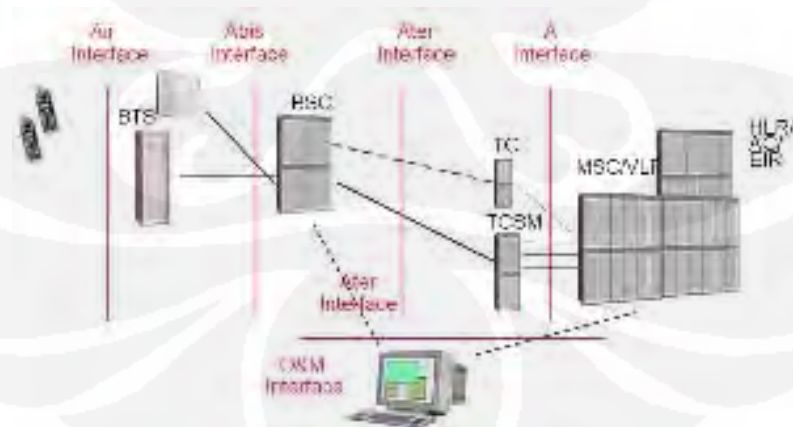
Daerah perkotaan yang besar sangat membutuhkan sejumlah besar BTS, dengan begitu kebutuhan untuk BTS adalah keharusan, mudah dipindahkan dan biayanya yang seminimum mungkin. BTS yang jangkauan luasnya lebih besar dari *picocell* memiliki beberapa pengirim dan penerima (TRX), yang melayani beberapa frekuensi yang berbeda dan sektor sel yang berbeda. BTS pada umumnya memiliki 1 sampai 12 TRX dalam 1, 2, atau 3 sektor walaupun jumlah ini berbeda-beda.



Gambar 2.1 Arsitektur *logical structure* pada BSS. BSC mengendalikan sub-sistem dimana BTS menyediakan hubungan radio ke MSS [1]

BSC dan BTS berkomunikasi dengan menggunakan standar *Abis Interface*, memungkinkan pengoperasian dengan komponen berbagai macam merek yang berbeda. *Interface BSS* antara lain adalah *Air Interface* adalah *interface* yang digunakan antara MS dengan BTS. *Interface* ini melakukan sinyalisasi, kontrol panggilan, handover, power control, otentifikasi, perijinan, *location update* dan seterusnya.

1. *Abis* adalah *interface* antara BTS dengan BSC. Biasanya dibawa oleh DS-1/T1, ES-1 atau E1.
2. *A* adalah Antarmuka antara BSC dengan MSC. *A* digunakan untuk membawa kanal trafik.



Gambar 2.2 *Interface BSS* [1]

b. Network Switching System (NSS)

NSS berfungsi sebagai *switching* pada jaringan seluler, manajemen jaringan, sebagai *interface* dengan jaringan lainnya. Komponen NSS terdiri dari :

1. *Mobile Switching Center* (MSC), merupakan unit pusat pada NSS yang mengontrol trafik semua BSC.
2. *Home Location Register* (HLR), *database* yang digunakan untuk menyimpan dan data pelanggan.
3. *Authentication Center* (AuC), unit ini menyediakan parameter autentikasi dan encryption yang memeriksa identitas pemakai dan memastikan kemantapan dari setiap *call*.
4. *Visitor Location Register* (VLR), VLR merupakan *database* yang memiliki informasi pelanggan sementara yang diperlukan oleh MSC untuk melayani pelanggan yang berkunjung dari area lain.

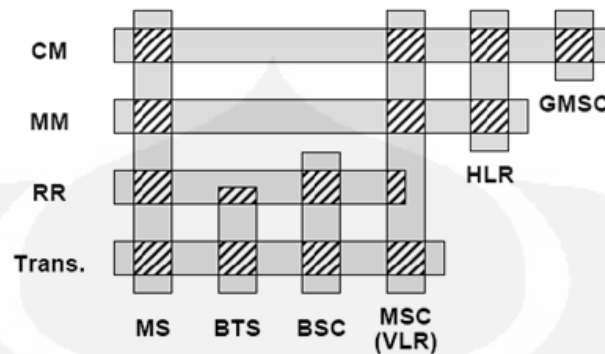
c. Operation and Support System (OSS)

OSS adalah gabungan dari OMC (*Operation Maintenance Centers*). OSS memiliki tiga fungsi utama, yaitu:

- 1) Memelihara semua perangkat telekomunikasi dan operasi jaringan,
- 2) Manajemen semua prosedur *billing*,
- 3) Manajemen semua perangkat *mobile* dalam sistem.

2.3 Arsitektur Protokol pada Jaringan GSM

Protokol pada jaringan GSM merupakan layer manajemen yang bertanggung jawab atas manajemen sumber daya setiap komponen jaringan dan sub-komponennya. Protokol jaringan terdiri dari *communication management* (CM), *radio management* (RR) dan *mobility management* (MM). Setiap *sub-layer* ditempatkan pada komponen jaringan.



Gambar 2.3 Penempatan protokol jaringan pada komponen-komponen GSM [1]

Ketika Mobile Phone (MS) melakukan panggilan ke MS lainnya, jaringan akan memberikan respon berupa tone yang mengidentifikasi apakah panggilan tersebut dapat dilakukan atau tidak. Kasus diatas merupakan implementasi dari call management dan call processing. Call management (CM) berfungsi membangun dan mengakhiri panggilan, termasuk menemukan rute yang tepat. Sedangkan call processing adalah proses – proses yang terlibat dalam membangun dan mengakhiri panggilan, seperti traffic switching, error handling dan re-routing.

Radio management (RR) mengatur frekuensi yang digunakan oleh setiap komponen yang terkait dengan jaringan. Sedangkan *mobility management* berfungsi memastikan MS mendapatkan layanan sesuai lokasi MS tersebut. *Call management*, *radio management* dan *mobility management* merupakan *sub-layer* dari protokol jaringan GSM. *Charging* merupakan proses registrasi dan perhitungan biaya *billing* dari pelanggan ketika menggunakan MS dalam jaringan GSM. Sedangkan *security* memastikan koneksi setiap MS tidak dapat disadap oleh MS lainnya ketika melakukan koneksi dengan menggunakan gelombang radio.

2.4 Sel dan Sektor Jaringan Selular

Untuk memasang jaringan telekomunikasi seluler pada suatu daerah maka pertama kali dilakukan pemetaan atas daerah tersebut menjadi sejumlah wilayah kecil yang disebut sel. Setiap sel berbentuk hexagon (segi enam) yang saling berimpit satu sama lain membentuk pola seperti sarang lebah yang melingkupi

daerah tersebut. Ukuran wilayah sel umumnya bervariasi dari radius 2 mil hingga 10 mil tergantung pada keadaan topografi, kepadatan bangunan dan tingkat keramaian jalur komunikasi.

Dari peta formasi sarang lebah dari sel selanjutnya ditentukan sejumlah titik-titik sudut pada pertemuan antara tiga sel sebagai sel *site*. Sel *site* merupakan lokasi pemasangan stasiun telekomunikasi radio seluler yang disebut *base station*. Setiap *base station* dilengkapi dengan piranti komunikasi *radio seluler* berupa sistem radio *transceiver* yang terkomputerisasi yang bekerja pada kisaran frekuensi 800 atau 1900 MHz beserta menara dan antena transmisi. Setiap sel umumnya dibagi dalam tiga sektor.

Antena *base station* memancarkan sinyal transmisi berdaya rendah yang daerah cakupannya hanya sebuah sektor pada setiap sel yang terletak di sekitar base station. Sedangkan daerah sektor sel yang lain akan dicakup oleh sinyal dari base station lain yang terdekat.



Gambar 2.4 Bentuk Sel Jaringan Selular [2]



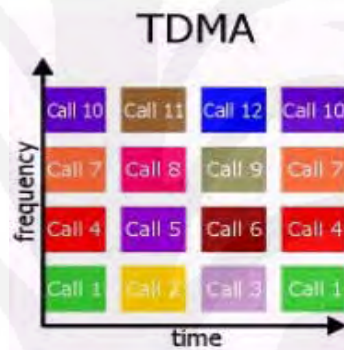
Gambar 2.5 Sel Site [2]

Bentuk dari sel tidak sempurna karena cakupan tersebut pada dasarnya dipengaruhi oleh faktor-faktor alamiah seperti aspek geografis/kondisi propagasi, dan kepada faktor manusiawi seperti lanskap (perkotaan, pedesaan, pedalaman), perilaku pelanggan dan lain sebagainya.

Dalam perencanaan sel, penentuan jenis/tipe sel yang akan dirancang terlebih dulu harus ditentukan dengan memperhatikan tipe daerah lokasi layanan. Berdasarkan jari-jari sel terdapat tiga jenis sel yaitu : *macro-cell*, *micro-cell*, dan *pico-cell*.

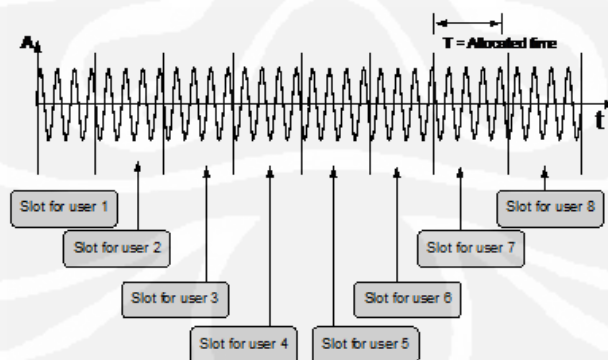
2.5 Metode TDMA (*Time Division Multiple Akses*)

Metode akses yang digunakan pada jaringan GSM adalah TDMA (*Time Division Multiple Access*) merupakan metode pengembangan dari FDMA yakni setiap kanal frekuensi masih dibagi dalam slot waktu sekitar 10 ms. Data pada setiap hubungan komunikasi diubah dalam format digital dengan waktu pencuplikan data (sampling) 30 ms. Data cuplikan dari tiga hubungan Komunikasi selanjutnya ditempatkan pada sebuah antrian penggunaan kanal frekuensi. Masing-masing data cuplikan akan mendapat sebuah slot waktu untuk pengiriman pada kanal. Metoda TDMA digunakan pada jaringan GSM (*Global System for Mobile Communication*)



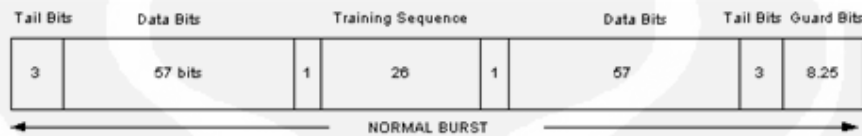
Gambar 2. 6 TDMA [3]

TDMA bekerja dengan menggunakan “*time slot*” dimana setiap MS diberikan *time slot* selama panggilan berlangsung. *Time slot* tersebut durasinya sangat singkat namun dapat mengirim ‘aliran’ komunikasi dengan teknik kompresi data pada pengirim dan penerima.



Gambar 2.7 Prinsip pembagian akses berdasarkan *Time Division Multiple Access* [4]

Unit waktu terkecil pada TDMA disebut *burst*. Sedangkan *frame* adalah kumpulan dari beberapa *burst* dimana setiap burst dialokasikan ke MS yang berbeda. Setiap frekuensi pembawa dibagi berdasarkan waktu dengan menggunakan TDMA dengan *multiframe* sebesar 120 ms. Satu *multiframe* dapat berisi 26 *frame*.



Gambar 2. 8 Struktur Burst [4]

2.6 Kanal pada GSM

Kanal terkait pada pengulangan satu burst pada setiap frame dimana karakteristiknya tergantung pada posisi dan frekuensinya dalam frame. Karakteristik ini bersifat siklik dan berulang setiap 3 jam. Kanal pada GSM dapat dikategorikan sebagai kanal trafik dan kanal kontrol. Kanal juga dapat diklasifikasikan sebagai *dedicated*. Kanal *dedicated* terhubung pada sebuah MS dimana umumnya digunakan oleh *idle* MS.

2.6.1 Kanal Trafik

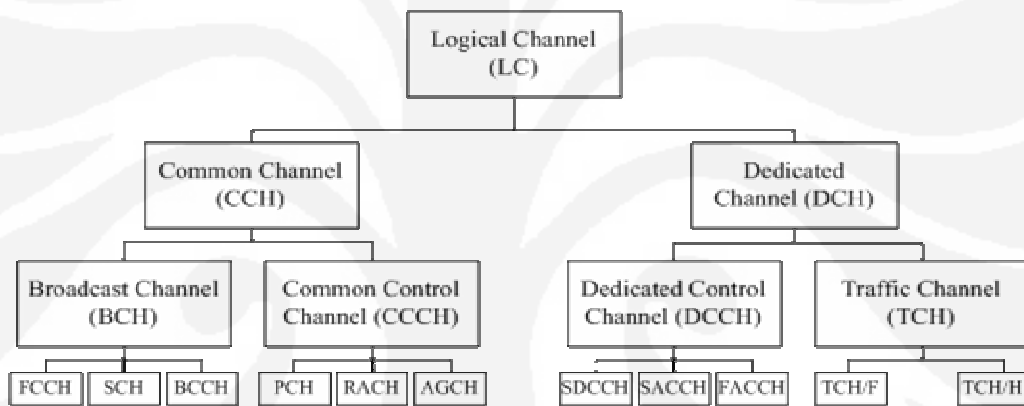
Kanal trafik mengirimkan suara dan data. Sebuah kanal trafik menggunakan 26-*Multiframe* dimana *uplink* dan *downlink* dipisahkan menjadi 3 *burst*. Dengan demikian, MS tidak perlu mengirim dan menerima pada waktu yang sama.

2.6.2 Kanal Kontrol

Kanal kontrol terkait dengan manajemen *network messages* dan *channel maintenance tasks*. Kanal kontrol dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. *Broadcast Control Channels (BCCH)* digunakan untuk informasi tentang BTS yang digunakan oleh MS, seperti frekuensi *hoping*, frekuensi yang digunakan, informasi neighbour cell, dan lain-lain.

2. *Frequency Correction Channels (FCCH)* digunakan untuk mensinkronisasikan frekuensi yang digunakan MS dan frekuensi yang dipakai oleh BTS tempat MS berada.
3. *Synchronization Channels (SCH)* digunakan untuk sinkronisasi MS ke timeslot pada saat MS mendapatkan frekuensi pembawa dan memberikan *training sequence* ke MS dalam memodulasi informasi yang dikirim dari *base station*.
4. *Random Access Channels* digunakan MS untuk merespon panggilan dari PCH dan meminta alokasi kanal.
5. *Paging Channels* digunakan MS sebagai isyarat adanya panggilan.



Gambar 2.9 Pembagian Kanal Logika [3]

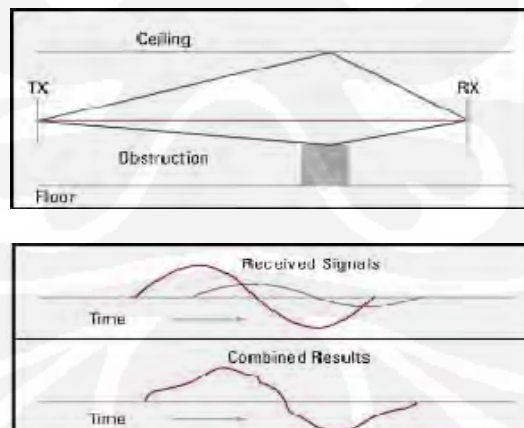
2.7 *Multipath*

Multipath fading terjadi ketika sinyal frekuensi radio (RF) mengambil jalur berbeda dari suatu sumber ke tujuan/penerima. Sebagian dari sinyal langsung ke tujuan sedangkan bagian lain terlebih dahulu memantul ke penghalang. Sebagai hasilnya, sebagian sinyal menempuh jarak yang lebih jauh dan mengalami penundaan.

Multipath fading adalah suatu bentuk gangguan atau interferensi sinyal RF yang timbul ketika sinyal memiliki lebih dari satu jalur dari transmitter ke receiver. Adanya objek yang menyebabkan pantulan dan hamburan pada saluran mengakibatkan berkurangnya energi sinyal pada amplitudo dan fasa. Sinyal yang diterima merupakan resultan dari sinyal LOS dan pantulan, atau sering kali hanya

merupakan resultan dari sinyal pantulan. Efek ini menjadikan sinyal yang diterima di receiver bervariasi yang mengakibatkan fluktuasi sinyal sehingga terjadi fading dan distorsi. Propagasi multipath juga mengakibatkan perbedaan waktu yang menyebabkan timbulnya intersymbol interference. Suatu antenna sumber meradiasikan energi RF pada lebih dari satu arah tertentu. Sinyal *Line Of Sight* dan sinyal hasil pemantulan yang bertemu di antenna receiver (lihat Gambar 2.10) menyebabkan munculnya multipath fading :

1. Sinyal RF hasil pemantulan menempuh jarak yang lebih jauh dan tiba lebih lama dibanding sinyal RF *Line Of Sight*.
2. Sinyal yang dipantulkan mengalami rugi-rugi energi yang lebih besar karena jarak transmisi yang lebih panjang.
3. Sinyal mengalami rugi-rugi akibat pemantulan.
4. Gelombang yang diinginkan dikombinasikan dengan banyak gelombang pantul di penerima.
5. Ketika gelombang yang berbeda digabungkan, akan menyebabkan terjadinya distorsi dan mempengaruhi kemampuan *decoding receiver*. Meskipun kuat sinyal tinggi, tetapi kualitas sinyal rendah.
6. Gelombang pantul akan berbeda posisi dengan gelombang yang tidak dipantulkan.



Gambar 2.10 Penerima Memperoleh Beberapa Sinyal Multipath dari Hasil Pemantulan[5]

Waktu tunda *Multipath* menyebabkan sinyal informasi menjadi tumpang tindih, yang menyebabkan kebingungan pada receiver. Jika *delay* cukup besar, dapat terjadi kesalahan pada paket. Penerima tidak bisa membedakan simbol dan menginterpretasikannya dengan bit yang tepat. Stasiun tujuan mendeteksi terjadinya kesalahan melalui *Error Control Coding*. Sebagai respon terhadap kesalahan bit, stasiun penerima tidak mengirimkan sinyal *acknowledgement* (pengakuan) pada stasiun pengirim. Pengirim akan secepatnya memancarkan kembali sinyal itu setelah memperoleh akses kembali pada medium.

Jika letak antena diubah, pemantulan juga berubah, yang mengurangi peluang munculnya interferensi *multipath*. Pada suatu lingkungan *multipath*, sinyal nol points terletak pada daerah tersebut. Jarak rambat gelombang, pemantulannya, dan letak dari *multipath* nol yang timbul didasarkan pada panjang gelombang sinyal. Jika frekuensi berubah, demikian juga panjang gelombang.

2.8 *Frequency Diversity*

Fading merupakan masalah yang penting terutama pada sebuah jaringan. *Frequency hopping* menghasilkan sinyal dimana burst yang berlangsung terus menerus akan ditransmisikan pada frekuensi yang berbeda atau frekuensi yang tidak saling berkorelasi. Jika pemisahan antara frekuensi tersebut cukup maka karakteristik *fading* dari frekuensi tersebut akan berbeda.

Oleh karena itu hanya beberapa burst yang terpengaruh oleh fading yang terjadi pada suatu frekuensi tertentu. Lokasi dari *fading* yang dikarenakan oleh *multipath fading* bergantung pada frekuensi yang digunakan, lokasi halangan yang merefleksikan dari posisi antena relatif terhadap penerima. Karena *multipath fading* bergantung pada frekuensi, naik turunnya *fading* yang terjadi disuatu lokasi tertentu pada frekuensi tertentu jarang terjadi pada lokasi yang sama pada frekuensi lain.

Keutamaan *burst* yang diterima pada tingkat tinggi pada frekuensi lain tetap memungkinkan rekonstruksi dari sinyal asli. Fenomena ini disebut dengan *frequency diversity*. *Frequency hopping* hanya dibutuhkan ketika mobile bergerak atau berjalan dengan pelan. Kecepatan lebih tinggi akan memungkinkan untuk dapat keluar dari *fading* sebelum terlalu banyak burst dan informasi yang hilang.

Agar *frequency hopping* yang digunakan tidak berkolerasi satu sama lain. Kriteria frekuensi spacing (*bandwidth coherence*) harus dipenuhi. *Bandwidth coherence* sangat bergantung pada daerah propagasi karena disebabkan perbedaan pada nilai penyebaran *delay* sinyal.

Pada daerah sub urban nilai untuk *delay spread* sekitar 0,5 μ s. *Bandwidth coherence* (minimum) untuk lingkungan tersebut sekitar 320 kHz. Pada daerah urban *delay spread* biasanya sekitar 3 μ s yang akan memberikan *bandwidth coherence* secara teoritikal adalah 50 kHz.

Pada daerah terbuka nilai *delay spread* adalah 0,2 μ s yang sama dengan *bandwidth* sebesar 800kHz. Bagaimanapun lingkupan yang digunakan pada daerah terbuka dapat memiliki nilai *delay spread* lebih kecil karena *line of sight* dan benturan minimal dari efek *multipath*.

2.9 *Interference Diversity*

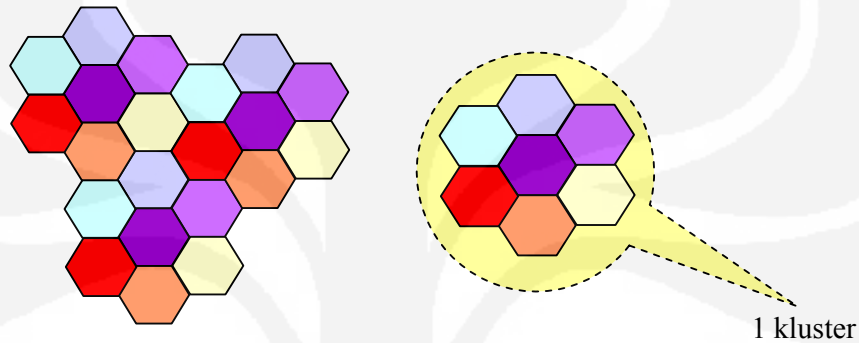
Pada suatu kasus, dimana *frequency hopping* tidak digunakan, satu interferensi *co-channel* pada suatu level yang telah mencukupi, dapat mendegradasikan kualitas panggilan menjadi buruk, kemungkinan juga dapat mengalami interferensi yang besar ketika menggunakan frekuensi interferensi. Naming disisi lain *burst* pada frekuensi lain akan berpotensi memperlemah interferensi sehingga kualitas panggilan secara keseluruhan tetap memuaskan.

Interferensi yang dialami pada salah satu frekuensi akan dirata – ratakan terhadap interferensi yang ada pada frekuensi yang lain. Gain yang diperoleh dengan *hopping* disebut *interference diversity*.

2.10 *Frequency Reuse*

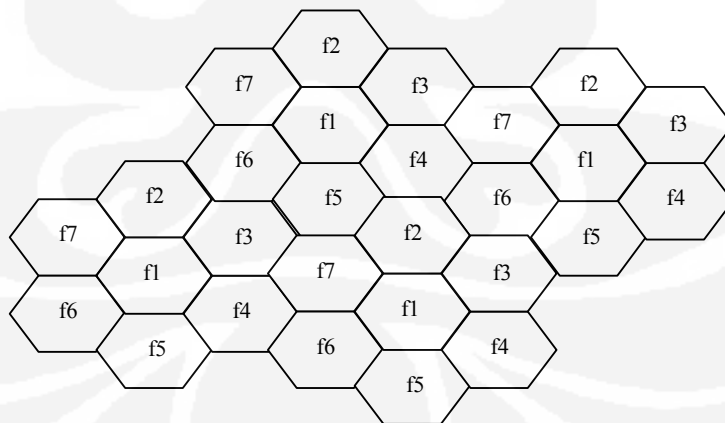
Terbatasnya spektrum frekuensi yang dapat digunakan pada sistem komunikasi bergerak menyebabkan penggunaan spektrum frekuensi tersebut harus seefisien mungkin. Oleh karena itu diterapkan konsep *frequency reuse* yaitu penggunaan kembali frekuensi yang sama pada suatu sel. Penggunaan frekuensi yang sama pada sel yang berbeda pada waktu yang bersamaan oleh beberapa pengguna merupakan inti dari komunikasi selular.

Pada konsep *frequency reuse*, suatu kanal frekuensi tertentu dapat melayani beberapa panggilan pada waktu yang bersamaan. Maka dapat dikatakan penggunaan spektrum frekuensi yang efisien dapat dicapai. Semua frekuensi yang tersedia dapat digunakan oleh tiap-tiap sel, sehingga dapat mencapai kapasitas jumlah pemakai yang besar menggunakan pita frekuensi yang efektif.



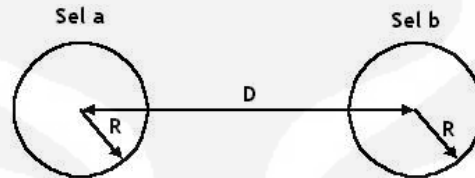
Gambar 2.11 Frekuensi Reuse 1 Kluster [9]

Pada gambar 2.12 pola yang digunakan $4/3$, dimana 4 adalah K , merupakan jumlah cluster atau jumlah pola pengulangan dan 3 adalah N , merupakan jumlah sektor pada site. Umumnya pada jaringan GSM menggunakan 3 sektor per site.



Gambar 2. 12 Frekuensi Reuse[10]

Pada *frequency reuse*, penggunaan kanal tidak tergantung pada *frequency carrier* yang sama untuk beberapa wilayah cakupan. Pada gambar 2.13 dapat dilihat penggunaan ulang kanal frekuensi, pada sel a yang menggunakan kanal radio f_1 mempunyai radius R dapat digunakan ulang pada sel yang berbeda dengan jangkauan yang sama pada jarak D dari sel yang sebelumnya.



Gambar 2. 13 Konsep Frekuensi *Reuse*[6]

Sedangkan jarak pemisah relatif terhadap radius sel dinyatakan dengan D/R . Persamaan rumus di bawah ini:

$$D/R = \sqrt{3K} \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana : D = jarak antara BS dengan BS yang lain

R = radius sel

K = jumlah pola frekuensi

Konsep *frequency reuse* dapat meningkatkan efisiensi pada penggunaan spektrum frekuensi, akan tetapi harus diikuti dengan pola tertentu dan teratur agar tidak terjadi interferensi kanal. Apabila mempergunakan frekuensi reuse, satu kanal frekuensi tertentu dapat melayani sejumlah panggilan pada waktu yang bersamaan. Penggunaan frekuensi *reuse* ini dibatasi oleh interferensi frekuensi yang sama atau frekuensi yang bersebelahan (tidak boleh berdekatan).

2.11 Konsep *Frequency Hoping*

Frequency hopping (FH) adalah salah satu metode perbaikan performansi jaringan GSM. FH mengubah *frequency carrier* suatu koneksi panggilan yang

menempati kanal trafik tertentu secara periodik. Metode ini dapat mengurangi efek *fading* dan interferensi. Karena ketika terjadi suatu hubungan komunikasi, maka sinyal dapat dengan mudah hilang jika terjadi interferensi sinyal atau jika *Mobile Station* (MS) berada pada suatu area *fading* frekuensi tertentu. Sehingga dengan FH, maka kemungkinan besar penerimaan sinyal berikutnya akan lebih baik jika dikirim dengan frekuensi yang berbeda.

Frequency hopping digunakan pada radio *interface* GSM yang berada diantara BTS dan MS sebagai fitur standart BSS. Teknik ini dapat mengurangi redaman akibat efek *multipath fading* dan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kapasitas dari suatu jaringan. Pada sistem GSM yang bertanggung jawab pada implementasi *frequency hopping* adalah BSS. GSM menggunakan dua teknik *frequency hopping* yakni *baseband hopping* dan *synthesizer hopping*.

2.12 *Syntesizer Frequency Hopping*

Synthesizer Frequency Hopping merupakan salah satu teknik *hopping* yang dipakai pada sistem GSM. Yaitu dengan melakukan perubahan frekuensi radio selama transmisi dengan mempergunakan *timeslot* yang berbeda.

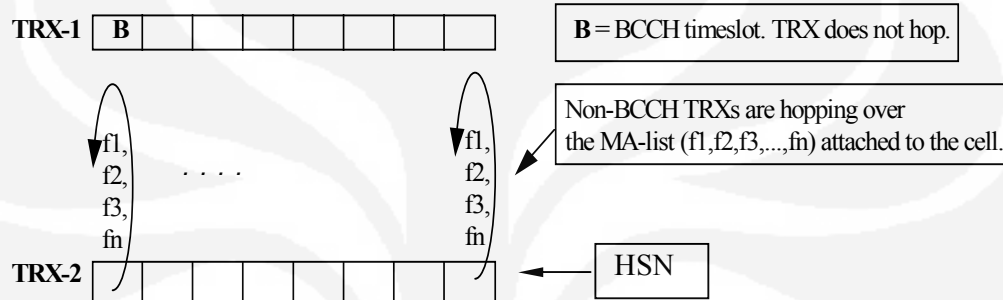
Pada *synthesizer frequency hopping*, aliran data di *hop* ke frekuensi yang berbeda dalam TRX yang sama dan *timeslot* yang sama pula tiap $577\mu\text{s}$. Jumlah TRX akan ditentukan oleh trafik yang harus dilayani. Berdasarkan spesifikasi GSM, jumlah frekuensi yang dapat dihop dalam satu TRX maksimal sebanyak 63 buah. Namun hal ini tergantung kemampuan operator menyediakan frekuensi pada kisaran jumlah tersebut. Keuntungan dari tipe ini adalah jumlah frekuensi yang dapat digunakan untuk *hopping* tidak tergantung pada jumlah TRX sehingga memungkinkan untuk melakukan *hopping* melalui banyak frekuensi meskipun hanya ada sedikit TRX yang terpasang.

Pada *frequency hopping* dengan metode *synthesizer* menggunakan algoritma *hopping sequence number random hopping* yaitu *hopping* secara acak. Algoritma acak tapi mempunyai pola tertentu sesuai dengan daftar frekuensi yang ada disebut *pseude random*. Seperti pada gambar berikut :

...f1,f4,f4,f3,f1,f2,f4,f1,f3,f3,f2 ...

Gambar 2.14 Random Hopping [7]

Sistem kontrol dan pemrosesan digital pada TRX akan menghitung dan menentukan frekuensi selanjutnya, dan memprogram sebuah pasangan *synthesizer* Tx dan Rx untuk menuju ke frekuensi yang telah dihitung. *Hopping* atau pergantian frekuensi pada *synthesizer frequency hopping* dilakukan per *frame* bukannya per *time slot*, meskipun dalam GSM *time slot* adalah ukuran satu medium fisik komunikasi.



Gambar 2.15 Synthesizer Frequency Hopping [8]

2.13 Parameter parameter *Frequency Hopping*

Bandwidth frekuensi yang dialokasikan pada operator jumlahnya terbatas. Untuk meningkatkan kapasitas jaringan, frekuensi harus digunakan berulang didalam jaringan. Apabila dibutuhkan kapasitas yang lebih besar, maka dibutuhkan lebih banyak frekuensi untuk diulangi dalam sel yang berbeda. Parameter – parameter yang digunakan antara lain :

2.13.1 Interferensi *Co-channel* dan *Adjacent-Channel*

Co-channel terjadi apabila ada dua kanal komunikasi atau lebih menggunakan frekuensi yang sama. Jika, masing-masing antena memiliki daerah cakupan sinyal dengan jari-jari R dan jarak antar dua sel *co-channel* adalah D, maka dapat ditentukan parameter interferensi *co-channel-nya*, yaitu :

$$q = \frac{D}{R} \dots\dots\dots(2.2)$$

Nilai q ini disebut factor reduksi *co-channel*, dapat digunakan dalam berbagai sinyal interferensi. Oleh karena itu perancangan antena yang baik untuk konfigurasi site dengan area yang luas harus didasarkan pada faktor reduksi *co-channel*. Interferensi *cochannel* digunakan untuk menentukan harga parameter C/I

(*carrier to interference ratio*) Interferensi *adjacent-channel* adalah interferensi antar kanal yang berdekatan.

Hal ini terjadi karena *bandwidth* frekuensi kerja suatu kanal terlampau lebar dan kemudian menimbulkan *overlapping*, sehingga mengganggu kanal yang berdekatan. Untuk sistem GSM, C/I yang diperbolehkan untuk interferensi *co-channel* minimal sebesar 12 dB, sedangkan interferensi *adjacent-channel* sebesar 4 dB. Pengaruh dari kedua interferensi tersebut dapat menyebabkan rusaknya kualitas suara. Jika C/I kurang dari *threshold* (*co-channel* 12 dB dan *adjacent-channel* 4 dB) maka kualitas suara akan rusak menyebabkan terjadinya *call drop*.

2.13.2 *Handover failure*

Handover failure adalah kegagalan handover dimana MS tidak bisa melakukan handover atau pindah sel baru. Akibat *handover failure* ini, MS akan tetap dipegang oleh sel lama sampai pembicaraan yang berlangsung putus (*call drop*).

Terjadinya handover failure disebabkan oleh beberapa hal, antara lain :

- Belum dibuatnya hubungan *handover* dengan sel-sel tetangganya
- Terjadinya *blocking* kanal trafik pada sel tetangga

2.14 *Frequency Reuse*

Jika band frekuensi terbatas maka frekuensi akan digunakan berulang pada suatu jaringan. Setiap TRX pada sel membutuhkan frekuensi yang unik, maka kapasitas sel meningkat karena ada frekuensi lebih yang tersedia untuk setiap sel. Namun, ketika jarak menjadi cukup kecil, semua frekuensi yang tersedia untuk sel tidak dapat digunakan karena terjadi gangguan sel didaerah perbatasan. Pada umumnya untuk *non hoping* jaringan ini disebut batas *frequency reuse*. Keunggulan dari *synthesizer frequency hoping* adalah jarak *frequency reuse* dapat ditentukan karena sel dapat menggunakan frekuensi yang lebih banyak.

2.14.1 *Effective Reuse*

Pada dasarnya *effective frequency reuse* sama dengan jarak *frequency reuse*. Dapat dihitung dengan rumus:

$$R_{eff} = \frac{N_{freqsTOT}}{N_{TRXave}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- R_{eff} = Effective reuse
- $N_{freqsTOT}$ = Jumlah Frekuensi yang digunakan
- N_{TRXav} = Jumlah rata – rata TRX yang digunakan

Effective reuse merupakan jumlah frekuensi yang digunakan sama dengan jumlah TRX yang akan dihitung, effective reuse juga dapat digunakan untuk indeks kapasitas, asalkan TRXnya dapat di ambil paling tidak untuk batas hard blocking. Semakin kecil effective reuse semakin tinggi jumlah kapasitas yang disediakan oleh frekuensi TCH dalam satu jaringan.

2.14.2 *Frequency Allocation Reuse*

Frequency Allocation reuse menunjukkan seberapa dekat frekuensi yang sebenarnya digunakan kembali dalam jaringan. Dengan demikian, menunjukkan seberapa buruk C / I di sel perbatasan. dapat dihitung dengan :

$$FAR = \frac{N_{freqsTOT}}{N_{freqs/MA}} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

- FAR = Frequency Allocation Reuse
- $N_{freqsTOT}$ = Jumlah Frekuensi yang digunakan
- N_{TRXav} = Jumlah rata – rata TRX yang digunakan

2.14.3 *Frequency Load*

Ketika merancang sebuah jaringan dengan alokasi frekuensi reuse yang rendah, sumber-sumber gangguan sangat dekat. Bahkan sel tetangga bisa berbagi interfrensi setidaknya beberapa frekuensi. Dalam situasi ini C/I sangat rendah bila terjadi tabrakan. Untuk menjamin kualitas yang memadai, maka kemungkinan bentrokan telah dibuat sekecil mungkin. Interferensi yang makin dekat, tabrakan harus semakin jarang untuk menjaga kualitas yang baik. Kemungkinan tabrakan tergantung pada beban frekuensi yang disebut frequency load. Frequency load

menjelaskan kemungkinan kanal frekuensi digunakan untuk transmisi di satu sel di satu waktu. Frequency load dapat dihitung dengan rumus :

$$L_{freq} = L_{HW} \cdot L_{frac} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

L_{freq} = Frequency Load

L_{HW} = Jam sibuk rata – rata Hard blocking load

L_{frac} = Fractional Load

Setiap *frequency allocation reuse* yang berbeda berkaitan dengan C / I di sel perbatasan, sehingga memerlukan perbedaan maksimum *frequency load* untuk menjaga kemungkinan tabrakan cukup kecil.

2.14.4 Hard Blocking Load

Hard Blocking Load adalah semua jalur lalu lintas yang tersedia dalam sel sedang digunakan dan ketika semua mencoba melakukan panggilan terjadi kegagalan karena kurangnya saluran lalu lintas yang tersedia. Jika diasumsikan bahwa upaya panggilan terjadi secara acak, maka jumlah panggilan yang berada pada interval waktu tersebut disebut *poisson distributed*. Agar tidak melebihi standart *Hard Blocking Load*, rata – rata jam sibuk TCH tidak boleh melebihi ambang batas yang ditawarkan oleh trafik dalam hal ini *Blocking probabilitas* dan TCH. Ketika menentukan hard blocking load, non BCCH TRX dapat dilihat pada gambar 3.3.

Karena BCCH TRX non hopping dalam *synthesize frequency hopping* dan perhitungan beban terbatas di jaringan *Soft Blocking*.

Hard Blocking Load dapat dihitung dengan :

$$L_{HW} = \frac{T_{hopTCH}}{N_{hopTCH}} \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana:

- L_{HW} = *Hard blocking load*
- T_{hopTCH} = Jumlah Rata – rata TCH yang digunakan pada waktu sibuk
- N_{hopTCH} = Jumlah total TCH yang di *hoping* TRX

2.14.5 Fractional Load

Fractional loading berarti sebuah sel mengalokasikan lebih frekuensi yang ada di TRX, ini berlaku hanya pada TRX SFH. *Fractional load* saat berguna jika jumlah TRX rendah. Dengan memanfaatkan *fractional load*, memungkinkan untuk menyediakan cukup frekuensi yang akan di hop meskipun sel hanya memiliki satu TRX. *Fractional Load* dapat dihitung dengan :

$$L_{frac} = \frac{N_{TRX}}{N_{freq/sel}} \dots\dots\dots(2.7)$$

2.15 Mobile Allocation (MA)

Mobile Allocation merupakan frekuensi – frekuensi yang dapat dipergunakan dalam suatu sistem *frequency hopping*, biasanya disebut juga dengan ARFCN. Pada umumnya alokasi frekuensi GSM adalah 890 – 960 MHz, yang terbagi dalam 124 kanal frekuensi.

Oleh karena *frequency hopping* hanya aktif disaat terjadi percakapan pengguna, maka kanal-kanal frekuensi yang dipakai untuk *hopping* ini disebut kanal trafik atau *TCH channel*. Kanal-kanal trafik ini dikelompokkan dalam satu group yang disebut sebagai daftar MA (*Mobile Allocation*). Daftar MA ini memperjelas kanal-kanal frekuensi mana yang akan melakukan *hopping* dan yang mana tidak. Kanal-kanal yang tidak melakukan hopping akan masuk dalam group BCCH atau *BCCH channel*. Kanal BCCH akan tetap memancar meskipun pelanggan tidak melakukan atau menerima panggilan, sehingga *handphone* pelanggan tetap terhubung ke jaringan operator.

Perhatikan, unit-unit radio yang telah dialokasikan sebagai unit-unit radio untuk frekuensi *hopping* biasanya akan memakai satu daftar MA yang sama saat memancar dalam satu sektor BTS atau bahkan dalam satu BTS jika alokasi frekuensi operator sedikit. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, lebar spektrum operator biasanya akan membatasi seberapa banyak kanal frekuensi yang bisa tersedia untuk *hopping*; sebab selain kanal-kanal hopping, juga harus ada kanal-kanal untuk BCCH. Sehingga nantinya rasio akan diatur antara jumlah alokasi kanal BCCH dan juga jumlah alokasi kanal *hopping*. Jika rasio yang tepat telah ditetapkan dan jumlah persisnya kanal hopping telah diketahui, maka gampang

untuk menentukan jumlah maksimum unit radio yang bisa terpasang, dan dengan demikian potensi trafik yang bisa diakomodasi.

Namun patut diperhatikan, hal itu tidak berarti bahwa jumlah kapasitas trafiknya akan berbanding lurus dengan jumlah total kanal frekuensi yang dipakai untuk hopping. Tidak, karena besarnya trafik akan ditentukan oleh banyaknya unit radio terpasang, dan jumlah unit radio yang bisa terpasang dalam satu sektor BTS ditentukan oleh apa yang disebut sebagai *hopping load factor*. *Load factor* mendiktekan bahwa untuk menjamin kualitas percakapan yang baik, jumlah maksimum unit radio (TRX) pada satu sektor BTS yang menggunakan satu daftar MA haruslah setengah dari total jumlah kanal frekuensi yang masuk pada daftar MA tersebut. Ini untuk mencegah degradasi kualitas yang disebabkan oleh interferensi dari kanal frekuensi yang bersebelahan (*adjacent frequency interference*). Jumlah total kanal frekuensi pada suatu daftar MA akan membatasi jumlah total unit radio yang bisa terpasang pada satu BTS, dan dengan demikian kapasitas trafik.

Selain itu, spesifikasi teknis dari suatu pabrikan BTS bisa jadi membatasi banyaknya kanal frekuensi yang bisa dimasukkan dalam satu daftar MA. Misalnya, ada pabrikan BTS yang hanya membolehkan 12 kanal frekuensi saja dalam satu daftar MA. Yang lain mungkin mengizinkan hingga di atas 30 kanal tapi dengan syarat yang semakin ketat seperti selisih antara nomor kanal frekuensi tertinggi dan terendah pada daftar MA tersebut memenuhi persyaratan tertentu.

Pada Gambar 3.5 diberikan contoh daftar MA dengan jumlah kanal frekuensi 22 per sektor BTS. Sektor 1 kanal frekuensi 787 sampai 808, sektor 2 kanal frekuensi 809 sampai 830 sedangkan sektor 3 kanal frekuensi 589 sampai 610. Dengan jumlah kanal frekuensi sebanyak ini, jumlah efektif unit radio atau TRX yang bisa terpasang adalah 12 unit radio. Perhatikan, perhitungan dimulai dengan TRX II karena TRX I biasanya dialokasikan untuk TRX BCCH yang tidak *hopping* dan oleh karena itu tidak menggunakan daftar MA yang ada.

Gambar 2.16 Contoh Daftar Mobile Allocation (MA) dan MAIO

Unit Radio FH		DAFTAR ARMA DENGAN 22 KANAL FREKUENSI PER SEKTOR																			MAIO			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
Sektor 1	TRX 2	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	0
	TRX 3	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	2
	TRX 4	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	4
	TRX 5	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	6
	TRX 6	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	8
	TRX 7	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	10
	TRX 8	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	12
	TRX 9	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	14
	TRX 10	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	16
	TRX 11	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	18
	TRX 12	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	20
	Sektor 2	TRX 2	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830
TRX 3		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	2
TRX 4		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	4
TRX 5		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	6
TRX 6		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	8
TRX 7		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	10
TRX 8		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	12
TRX 9		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	14
TRX 10		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	16
TRX 11		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	18
TRX 12		809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	20
Sektor 3		TRX 2	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610
	TRX 3	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	2
	TRX 4	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	4
	TRX 5	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	6
	TRX 6	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	8
	TRX 7	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	10
	TRX 8	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	12
	TRX 9	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	14
	TRX 10	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	16
	TRX 11	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	18
	TRX 12	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	20

2.16 MAIO (*Mobile Allocation Index Offset*)

MAIO merupakan suatu sinkronisasi dari TRX (*carrier*) yang mempunyai *frequency hopping*. Apabila suatu TCH akan menduduki *frequency hopping* yang frekuensi kanalnyasama pada saat yang bersamaan juga, maka MAIO akan berperan untuk mengalihkan ke salah satu TCH ke *frequency hopping* yang lainnya pada saat itu juga. Sinkronisasi ini berlaku hanya pada *frequency hopping* yang berada pada satu grup *hoping* yang sama.

Jika semua unit radio dalam satu sektor BTS hanya menggunakan satu daftar MA yang sama, hal ini akan menyebabkan rentannya terjadi interferensi karena frekuensi-frekuensi yang sama itu akan saling bertabrakan, dan jika daftar MA yang sama ini dipakai lagi pada sektor BTS yang lain -untuk operator yang hanya memiliki alokasi spektrum yang kecil, kemungkinan hanya satu daftar MA yang digunakan pada keseluruhan jaringan, hal ini akan memperbesar tingkat interferensi.

Maka untuk mencegah hal itu terjadi, pada daftar MA yang ada digunakan suatu *offset* yang disebut MAIO, *Mobile Allocation Index Offset*. MAIO berfungsi mengatur kanal frekuensi dalam daftar MA yang harus memancar terlebih dahulu. Jadi MAIO mengatur *urutan pancaran* kanal frekuensi. Untuk mencegah interferensi, biasanya MAIO akan mengatur sehingga tidak akan pernah ada unit-unit radio yang memancar bersamaan, jika trafiknya penuh maka semua unit radio dalam satu sektor BTS ini akan memancar dengan nomor kanal frekuensi yang sama atau bersebelahan. Tujuan adanya MAIO adalah mencegah terjadinya interferensi baik dengan nomor kanal yang sama (*co-channel interference*) maupun bersebelahan (*adjacent channel interference*) dengan mengatur urutan pancaran frekuensi.

Jumlah Frekuensi yang digunakan paling tidak mempunyai jumlah yang sama dengan jumlah total dari TRX pada site. Jika parameter $MAIO_{step}$ lebih dari satu maka dibutuhkan frekuensi lebih dari satu. Kebutuhan frekuensi ini dapat dihitung dengan rumus :

$$\min N_{freqs / site} = N_{TRX / site} \cdot MAIO_{step} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana:

- $\min N_{freqs/site}$ = Jumlah Minimum frekuensi yang digunakan
- $N_{TRX/site}$ = Jumlah TRX pada site
- $MAIO_{step}$ = Nilai parameter MAIOstep

Pengaturan urutan frekuensi dapat dihitung dengan MAIO Step dengan rumus :

$$MAIO_{TRX}(n) = MAIO_{offset} + MAIO_{step} \cdot (n-1) \dots\dots\dots(2.9)$$

2.17 *Hopping Sequence Number (HSN)*

Apabila MAIO mengatur urutan pancaran frekuensi dalam suatu daftar MA maka HSN mengatur pola pancaran frekuensi dalam suatu daftar MA. Andaikan pola loncatannya tidak diatur, urutan yang sama akan dipakai oleh BTS tetangga sehingga pasti akan terjadi interferensi. Tugas MAIO berhenti ketika urutan pancar telah diketahui. Untuk mengetahui frekuensi berikutnya, dalam satu daftar MA, yang akan memancar dari satu unit radio terhubung MAIO hanya menunjuk kanal frekuensi pertama yang harus memancar, maka digunakan HSN. HSN ada dua macam, yakni HSN acak (*random HSN*) dan HSN *cyclic*, yang memiliki pola loncatan yang jelas.

Dalam GSM tersedia 64 pola HSN yang bisa dipakai yang diberi nomor 0-63. HSN *cyclic* hanya menggunakan *HSN number* 0 sedangkan 1-63 untuk *random*. Untuk HSN *cyclic* atau 0 karena pola loncatannya jelas, rentetan pancaran frekuensinya dapat diprediksi. Tetapi tidak demikian kasusnya pada HSN *random*, yang bergantung sepenuhnya pada random number yang di-*generate* oleh prosesor. Karena menggunakan *random number* maka angka 1-63 juga akan menjadi *seed number* untuk menghasilkan pola loncatan yang acak.

BAB 3

PERENCANAAN *SYNTHESIZER FREQUENCY HOPING*

Pada GSM, *Synthesizer Frequency Hoping* (SFH) mempunyai rasio antara total lebar spektrum kanal frekuensi yang akan di *hopping* dan lebar spektrum frekuensi yang dimiliki operator secara keseluruhan, mencukupi. Mengingat tidak semua alokasi frekuensi operator akan disiapkan untuk frekuensi hopping. GSM umumnya mengenal kanal-kanal frekuensi yang digunakan untuk *hopping* dan yang *non hopping*, yang dikenal sebagai kanal BCCH. Kanal hopping biasanya aktif, ketika terjadi percakapan pelanggan, sedangkan kanal BCCH akan terus memancar 24 jam non stop. Maka, harus ada keseimbangan antara jumlah kanal *hopping* dan kanal BCCH, jika kanal *hopping* terlalu banyak dan BCCH sedikit, maka akan sulit bagi pelanggan untuk dapat tersambung ke jaringan atau bahkan untuk memulai panggilan. Sebaliknya, jika terlalu sedikit kanal frekuensi yang di *hopping* maka kualitas percakapan pelanggan juga akan berpengaruh.

SFH mempunyai kemampuan dalam menjamin performansi komunikasi radio secara keseluruhan, dalam hal ketahanan terhadap interferensi dan pelemahan sinyal dan juga kehandalan keamanan komunikasi. Ketentuan parameter SFH sebagai berikut :

Tabel 3.1 Ketentuan Parameter SFH [8]

Parameter	Ketentuan
Daftar MA	Daftar MA yang digunakan pada SFH maximum 63 frekuensi. Belum termasuk BCCH
BTS hoping Mode	SFH (<i>Synthesizer Frequency Hoping</i>)
HSN (<i>Hoping Sequence Number</i>)	TRX yang di <i>hoping</i> pada semua <i>time slot</i> adalah 0 – 63
MAIOffset	0-62
MAIOstep	0-62
Jumlah TRX yang digunakan	Max 12 TRX

3.1 Perencanaan *Synthesizer Frequency Hoping*

Dalam perencanaan *synthesizer frequency hoping*, data yang diambil meliputi area Malang, dimana mempunyai kanal frekuensi 836 – 886 MHz, tetapi dalam pemakaian kanal frekuensi yang digunakan 837 – 885 karena frekuensi awal dan akhir digunakan sebagai *guard* atau batas agar tidak saling interferensi dengan frekuensi yang berada disebelahnya.

3.1.1 Perencanaan *Mobile Allocation (MA)*

Mobile Allocation (MA) adalah merupakan frekuensi – frekuensi yang dapat dipergunakan dalam suatu sistem *frequency hoping*, biasanya disebut juga dengan ARFCN. Frekuensi yang akan digunakan sesuai dengan pola yang diinginkan dalam hal ini ada dua frekuensi yang harus ditentukan yaitu :

- a. Menentukan BCCH, dimana BCCH berada pada setiap sel. BCCH menginformasikan hal – hal yang berkaitan dengan BS pada semua MS yang terdeteksi oleh BS. Kanal- kanal yang berada pada kanal frekuensi BCCH ini tidak boleh sama dengan sektor yang ada didekatnya agar tidak terjadi interferensi, *drop call*, dan gangguan lainnya. Pada perencanaan ini frekuensi BCCH yang digunakan adalah 836 – 854 MHz tetapi kanal frekuensi yang digunakan 837 – 853 MHz. Karena kanal pertama dan terakhir tidak dapat digunakan karena digunakan sebagai pembatas. Sehingga kanal frekuensi yang digunakan adalah 48 kanal.
- b. Menentukan kanal-kanal untuk TCH yang dapat dihoping. TCH merupakan *Traffic Chanel* pada perencanaan ini frekuensi 855 - 886 , sama halnya dengan penentuan BCCH pada kanal – kanal TCH juga memiliki pembatas yaitu pada kanal pertama dan terakhir, sehingga kanal frekuensi yang digunakan adalah 856 – 885 MHz.

Tabel 3.2 Frekuensi yang akan di *hoping* (ARFCN)

ARFCN	
BCCH	TCH
837	856
838	857
839	858
840	859
841	860
842	861
843	862
844	863
845	864
846	865
847	866
848	867
849	868
850	869
851	870
852	871
853	872
	873
	874
	875
	876
	877
	878
	879
	880
	881
	882
	883
	884
	885

Pada tabel 3.2 menunjukkan frekuensi – frekuensi yang akan di *hoping* (ARFCN) yang telah dipisahkan antara frekuensi yang digunakan untuk frekuensi yang tidak di *hoping* (BCCH) dan frekuensi yang akan di *hoping* (TCH).

Tabel 3.3 Daftar Mobile Allocation untuk 5 Site

		Daftar Mobile Allocation (MA)	Jumlah TCH	BCCH
A1	Sektor 1	'(854) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872	17	854
	Sektor 2	'(848) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872	17	848
	Sektor 3	'(837) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872	17	837
A2	Sektor 1	'(839) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	839
	Sektor 2	'(841) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	841
	Sektor 3	'(854) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	854
A3	Sektor 1	'(837) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	837
	Sektor 2	'(854) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	854
	Sektor 3	'(844) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	844
A4	Sektor 1	'(841) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	841
	Sektor 2	'(852) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	852
	Sektor 3	'(844) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872	17	844
A5	Sektor 1	'(843) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	843
	Sektor 2	'(852) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	852
	Sektor 3	'(845) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	30	845

3.1.2 Perencanaan Frekuensi

Pada perencanaan frekuensi perlu diketahui FAR (*frequency Allocation Reuse*) karena hal ini menentukan *frequency load* pada suatu jaringan. Ketentuan hubungan antara FAR dan *Frequency load* sebagai berikut :

Tabel 3.4 Ketentuan FAR dan *Frequency Load*

Ketentuan	
FAR	Max Frequency Load
1	8 %
3	30 %

$$N_{freqs/MA} \text{ rata-rata} = \frac{\text{JumlahTCH}}{\text{Jumlahsektor}} = \frac{17+17+17+30+30+30+30+30+30+30+30+17+30+30+30}{15} = 26,53$$

Untuk mendapatkan nilai FAR dapat menggunakan persamaan 2.4 :

$$FAR = \frac{N_{freqsTOT}}{N_{freqs/MA}} = \frac{48}{26,53} = 1,8$$

Perhitungan *Frequency load* rata-rata dengan menggunakan persamaan (2.5), (2.6) dan (2.7), sehingga didapat hasil sebagai berikut :

Pada Site A1 Sektor 1 :

$$L_{HW} = \frac{T_{hopTCH}}{N_{hopTCH}} = \frac{10,66}{17} = 62,7 \%$$

$$L_{frac} = \frac{N_{TRX}}{N_{freq / sel}} = \frac{2}{17} = 11,8 \%$$

$$L_{freq} = L_{HW} \cdot L_{frac} = 62,7 \% \cdot 11,8 \% = 7,4 \%$$

Hasil perhitungan untuk site dan sektor berikutnya ditunjukkan pada tabel 3.5

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan L_{HW} , L_{frac} dan L_{freq}

Nama Site	Sektor	TRX	Jumlah TCH	Trafik at 2% Blocking	L_{HW}	L_{frac}	L_{freq}
A1	1	2	17	10,66	62,7 %	11,8 %	7,4 %
	2	2	17	10,66	62,7 %	11,8 %	7,4 %
	3	1	17	10,66	62,7 %	5,9 %	3,7 %
A2	1	3	30	21,93	73,1 %	10 %	7,3 %
	2	2	30	21,93	73,1 %	6,7 %	4,9 %
	3	2	30	21,93	73,1 %	6,7 %	4,9 %
A3	1	1	30	21,93	73,1 %	3,3 %	2,4 %
	2	1	30	21,93	73,1 %	3,3 %	2,4 %
	3	1	30	21,93	73,1	3,3 %	2,4 %
A4	1	2	30	21,93	73,1	6,7 %	4,9 %
	2	1	30	21,93	73,1	3,3 %	2,4 %
	3	2	17	10,66	62,7 %	11,8 %	7,4 %
A5	1	1	30	21,93	73,1	3,3 %	2,4 %
	2	1	30	21,93	73,1	3,3 %	2,4 %
	3	1	30	21,93	73,2	3,3 %	2,4 %

$$\text{Maka, Frequency Load Rata – rata} = \frac{L_{freq}}{\text{JumlahSektor}} = \frac{68,4\%}{15} = 4,6 \%$$

Syarat agar kemungkinan tabrakan antar frekuensi rendah, karena FAR yang dihasilkan adalah 1,8 maka dianjurkan *frequency load* rata – rata setiap sel tidak melebihi 8%. Pada perhitungan diatas didapat *frequency load* rata –rata sebesar 4,6 % sehingga *frequency load* pada perencanaan ini sesuai.

3.1.3 Perencanaan MAIO

Dalam perencanaan SFH juga dibutuhkan perencanaan MAIO, hal ini dibutuhkan untuk mencegah terjadinya interferensi. MAIO akan mengatur kanal frekuensi mana dalam daftar MA yang harus memancar lebih dulu. Jadi MAIO mengatur urutan pancaran kanal frekuensi.

Ada dua parameter MAIO yang harus ditetapkan yaitu $MAIO_{offset}$ dan $MAIO_{step}$. $MAIO_{step}$ adalah pemisah kanal antara TRX pada sel yang sama. $MAIO_{offset}$ digunakan untuk mengontrol kanal pemisah antara sektor di site yang sama yaitu MAIO pertama pada TRX yang akan dihoping. Data yang digunakan dalam perencanaan MAIO adalah pada tabel 3.6.

Tabel 3.6 Tabel $MAIO_{offset}$ dan $MAIO_{step}$

Site	Sektor	TRX #	MAIOoffset	MAIOstep	
A1	Sektor 1	TRX 0	BCCH		
		TRX 1	0	6	
		TRX 2			
	Sektor 2	TRX 0	BCCH		
		TRX 1	2	6	
		TRX 2			
	Sektor 3	TRX 0	BCCH		
		TRX 1	4	4	
	A2	Sektor 1	TRX 0	BCCH	
TRX 1			0	2	
TRX 2					
TRX 3					
Sektor 2		TRX 0	BCCH		
		TRX 1	6	2	
		TRX 2			
Sektor 3		TRX 0	BCCH		
		TRX 1	10	2	
		TRX 2			
A3		Sektor 1	TRX 0	BCCH	
			TRX 1	0	0
	Sektor 2	TRX 0	BCCH		
		TRX 1	2	2	
	Sektor 3	TRX 0	BCCH		
		TRX 1	4	2	
A4	Sektor 1	TRX 0	BCCH		
		TRX 1	0	6	
		TRX 2			
	Sektor 2	TRX 0	BCCH		
		TRX 1	2	2	
		TRX 2			
Site	Sektor	TRX #	MAIOoffset	MAIOstep	

A4	Sektor 3	TRX 0	BCCH	
		TRX 1	4	6
		TRX 2		
A5	Sektor 1	TRX 0	BCCH	
		TRX 1	0	0
		TRX 2		
		TRX 3		
	Sektor 2	TRX 0	BCCH	
		TRX 1	2	2
		TRX 2		
	Sektor 3	TRX 0	BCCH	
		TRX 1	4	4
		TRX 2		

Untuk mendapatkan pola MAIO dapat menggunakan persamaan 2.9 :

$$MAIO_{TRX(n)} = MAIO_{offset} + MAIO_{step} \cdot (n-1)$$

Pada Site A1 :

Perhitungan pola MAIO di sektor 1 adalah

$$MAIO_{TRX(1)} = 0 + 6 \cdot (1-1) = 0$$

$$MAIO_{TRX(2)} = 0 + 6 \cdot (2-1) = 6$$

Maka pola MAIO di sektor 1 adalah 0,6

Perhitungan pola MAIO di sektor 2 adalah

$$MAIO_{TRX(1)} = 2 + 6 \cdot (1-1) = 2$$

$$MAIO_{TRX(2)} = 2 + 6 \cdot (2-1) = 8$$

Maka pola MAIO di sektor 2 adalah 2, 8

Perhitungan pola MAIO di sektor 3 adalah

$$MAIO_{TRX(1)} = 4 + 4 \cdot (1-1) = 4$$

Maka pola MAIO di sektor 3 adalah 4

Pada Site A2 :

Perhitungan pola MAIO di sektor 1 adalah

$$MAIO_{TRX(1)} = 0 + 2 \cdot (1-1) = 0$$

$$MAIO_{TRX(2)} = 0 + 2 \cdot (2-1) = 2$$

$$MAIO_{TRX(3)} = 0 + 2 \cdot (3-1) = 4$$

Maka pola MAIO di sektor 1 adalah 0,2,4

Perhitungan pola MAIO di sektor 2 adalah

$$MAIO_{TRX(1)} = 6 + 2 \cdot (1-1) = 6$$

$$MAIO_{TRX(2)} = 6 + 2 \cdot (2-1) = 8$$

Maka pola MAIO di sektor 2 adalah 6, 8

Perhitungan pola MAIO di sektor 3 adalah

$$\text{MAIO}_{\text{TRX}(1)} = 10 + 2 \cdot (1-1) = 10$$

$$\text{MAIO}_{\text{TRX}(2)} = 10 + 2 \cdot (2-1) = 12$$

Maka pola MAIO di sektor 3 adalah 10,12

Dengan menggunakan persamaan 2.9 maka didapat pola MAIO untuk ke 5 BTS dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 Pola MAIO untuk 5 site

Site	Sektor	ARFCN	MAIO
A1	Sektor 1	'(854) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872	0 & 0 & 6
	Sektor 2	'(848) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872	0 & 2 & 8
	Sektor 3	'(837) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872	0 & 4
A2	Sektor 1	'(839) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 0 & 2 & 4
	Sektor 2	'(841) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 6 & 8
	Sektor 3	'(854) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 10 & 12
A3	Sektor 1	'(837) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 0
	Sektor 2	'(854) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 2
	Sektor 3	'(844) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 4
A4	Sektor 1	'(841) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 0 & 6
	Sektor 2	'(852) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 2
	Sektor 3	'(844) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872	0 & 4 & 10
A5	Sektor 1	'(843) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 0
	Sektor 2	'(852) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 2
	Sektor 3	'(845) 856 857 858 859 860 861 862 863 864 865 866 867 868 869 870 871 872 873 874 875 876 877 878 879 880 881 882 883 884 885	0 & 4

3.1.4 Perencanaan HSN (*Hopping Sequence Number*)

Hal ketiga yang perlu diperhatikan adalah menentukan *hopping sequence number* (HSN) yang akan digunakan. Meskipun MAIO telah diatur, sehingga tidak akan ada unit radio dalam satu sektor BTS dalam waktu bersamaan

memancar dengan nomor kanal frekuensi yang sama atau dengan nomor kanal yang bersebelahan, maka digunakan satu parameter lain yang disebut HSN (*Hopping Sequence Number*).

HSN diusahakan berbeda antara satu site dengan site lainnya dimaksudkan untuk membuat *hoping* berbeda satu dengan lainnya dalam suatu interval waktu sehingga mencegah terjadinya tabrakan. Pada table 3.1 telah ditentukan bahwa untuk SFH HSN yang digunakan 0 – 63, sehingga penentuan HSN boleh berapa saja selama setiap site memiliki HSN yang berbeda dengan jumlah sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Dalam perencanaan pada jaringan ini juga menggunakan HSN yang berbeda – beda secara acak, perbedaan ini dapat dilihat pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Perbedaan HSN pada Site A1,A2,A3,A4 dan A5

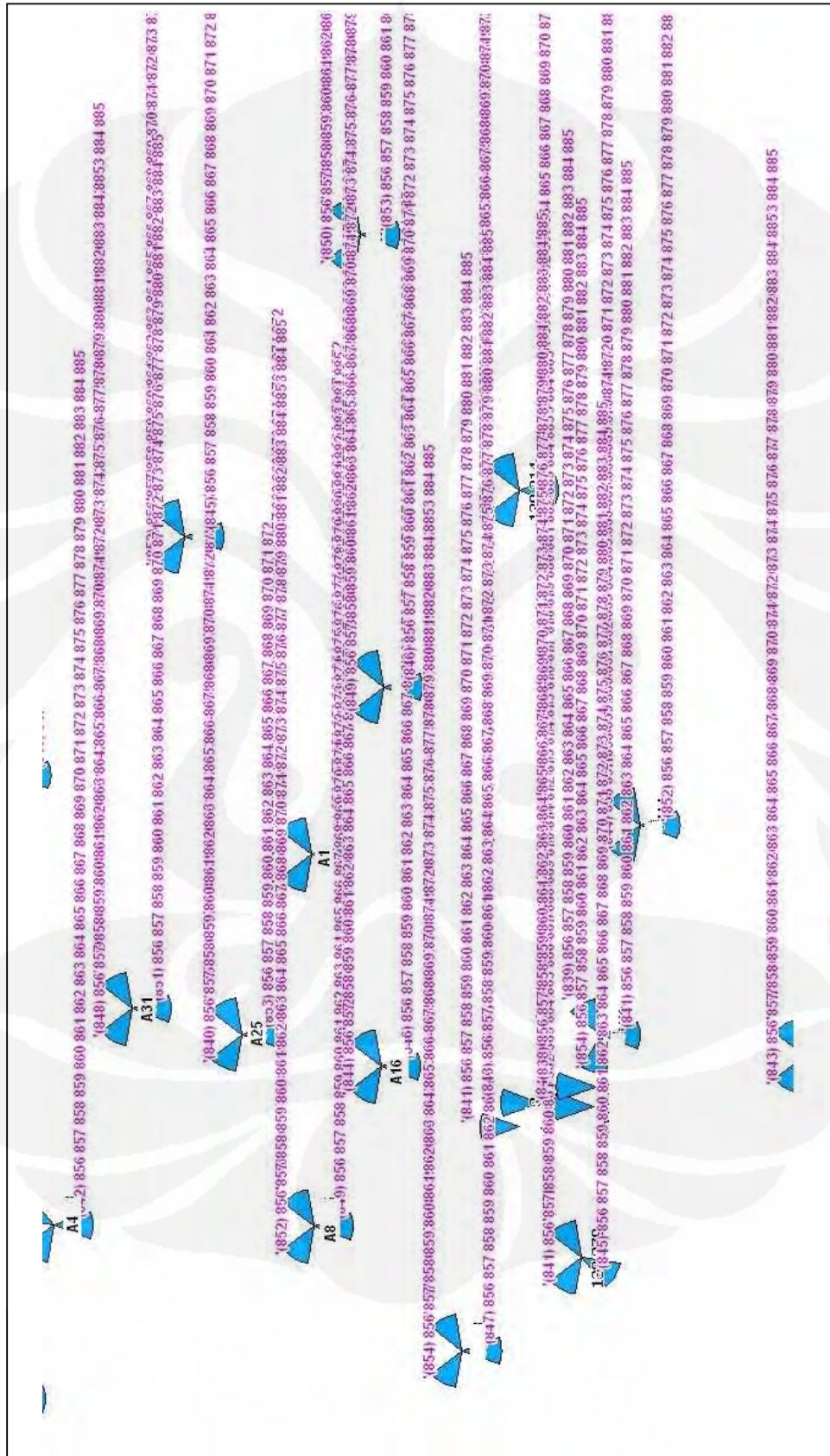
		BCCH	TCH	HSN	MAIO
A1	Sektor 1	(854)	(856) (862)	50	0 & 0 & 6
	Sektor 2	(848)	(858) (864)	50	0 & 2 & 8
	Sektor 3	(837)	(860)	50	0 & 4
A2	Sektor 1	(839)	(856) (858) (860)	19	0 & 0 & 2 & 4
	Sektor 2	(841)	(862) (864)	19	0 & 6 & 8
	Sektor 3	(854)	(866) (868)	19	0 & 10 & 12
A3	Sektor 1	(837)	(860)	38	0 & 0
	Sektor 2	(854)	(858)	38	0 & 2
	Sektor 3	(844)	(860)	38	0 & 4
A4	Sektor 1	(841)	(856) (862)	43	0 & 0 & 6
	Sektor 2	(852)	(858)	43	0 & 2
	Sektor 3	(844)	(860) (866)	43	0 & 4 & 10
A5	Sektor 1	(843)	(856)	40	0 & 0
	Sektor 2	(852)	(858)	40	0 & 2
	Sektor 3	(845)	(860)	40	0 & 4

Pada tabel 7 telah ditentukan pola MAIO. Selanjutnya HSN digunakan untuk menentukan frekuensi yang akan digunakan oleh user ketika dihoping. Untuk site A2 telah ditentukan HSN adalah 19 (lihat tabel 8). Sehingga pada user 1 semula menggunakan frekuensi 856 beberapa saat kemudian menggunakan frekuensi ke 19 di TRX 1 yaitu 875 kemudian menggunakan 861 kemudian 883 lalu 872 kemudian 864 begitu seterusnya sampai user memutuskan panggilan. Perpindahan frekuensi dalam waktu 480 ms. *Frekuensi Hoping* pada site A2 untuk TRX selanjutnya dengan HSN 19 dapat dilihat pada tabel 3.9.

Tabel 3.9 Frekuensi Hoping pada site A2, HSN 19

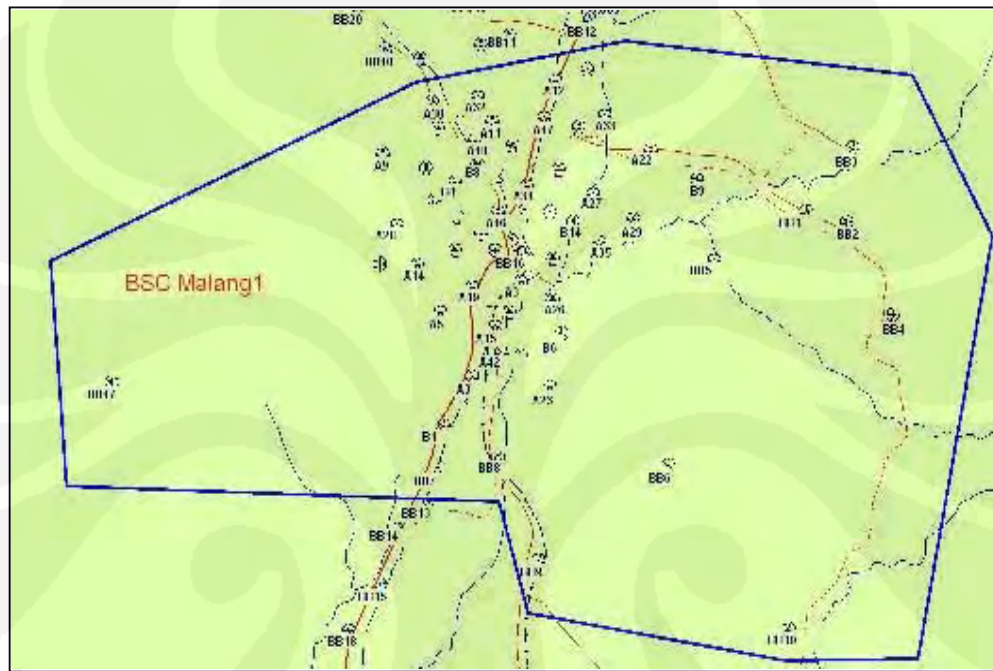
Unit Radio Freq Hoping		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	MAIO
		DAFTARMA																														
TRX 0 839																															BCCH	
Sektor 1	TRX 1	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	0
	TRX 2	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	2
	TRX 3	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	4
	TRX 0	841																														BCCH
Sektor 2	TRX 1	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	6
	TRX 2	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	8
	TRX 0	854																														BCCH
Sektor 3	TRX 1	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	10
	TRX 2	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	12

Gambar 3.1 Plot SFH Area Malang



3.1.5 Pengukuran *Drive Test*

Untuk mengetahui keadaan kualitas parameter radio yang sesungguhnya dilapangan, maka dilakukan pengukuran *drive test* menggunakan Swissqual. Pengambilan data dilapangan meliputi daerah Malang. Pengukuran *drive test* dilakukan pada saat sebelum implementasi SFH dan setelah implementasi SFH.



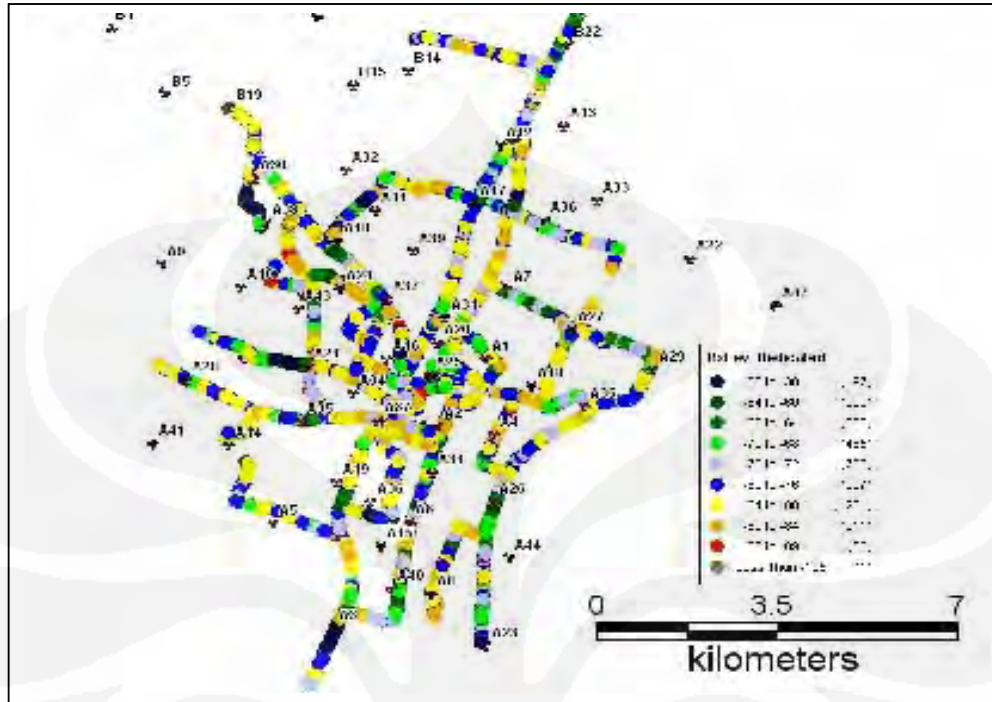
Gambar 3.2 Area Cakupan Malang

Pengukuran *Drive test* yang dilakukan meliputi :

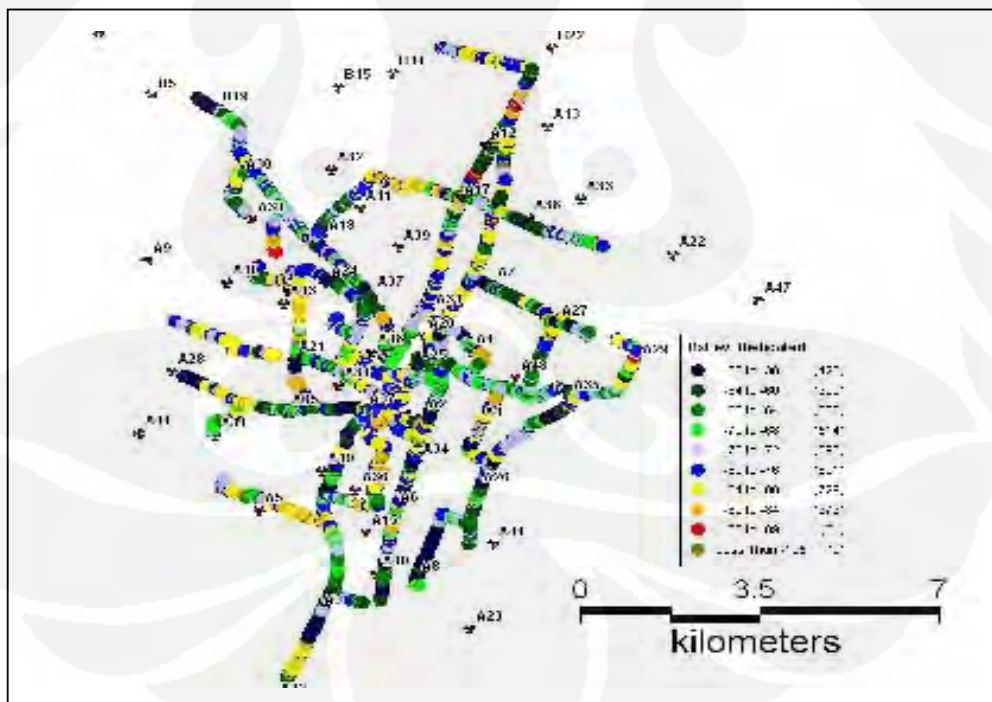
1. **RX Level**, merupakan parameter yang mempresentasikan besaran kuat sinyal yang terukur. Satuan yang digunakan dalam parameter ini adalah dBm. Hasil pengukuran dilakukan dalam pengelompokan besaran kuat sinyal yang diperlihatkan dalam beberapa warna (lihat tabel 3.10).

Tabel 3.10 Konversi Besaran RX Level [8]

RX Level (dBm)	Warna	Kualitas
0 s/d - 72	Hijau	Sangat Bagus
- 72 s/d -80	Biru	Bagus
-80 s/d -89	Kuning	Sedang
-89 s/d -120	Merah	Jelek



Gambar 3.3 RXLev sebelum Implementasi SFH



Gambar 3.4. RXLev setelah implementasi SFH

2. **RX Quality**, merupakan suatu *range* nilai antara 0 sampai dengan 7, dimana setiap nilai mempresentasikan estimasi jumlah *bit error* dalam sinyal/*burst* yang ditransmisikan. Setiap nilai *RX quality* sesuai dengan estimasi nilai *bit error rate* (BER) yang diperlihatkan pada tabel 3.11.

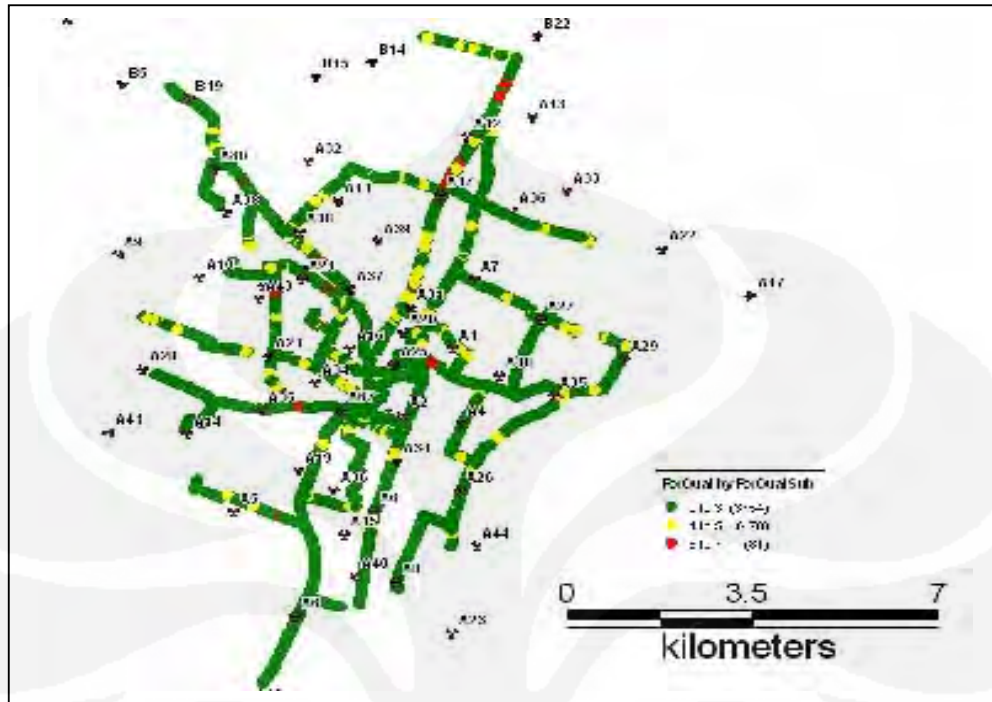
Tabel 3.11 Konversi BER ke RX Quality[8]

RX Quality	Bit Error Rate (BER) [%]	Kualitas
0	0 - 0,2	Sangat Bagus
1	0,2 - 0,4	
2	0,4 - 0,8	Bagus
3	0,8 - 1,6	
4	1,6 - 3,2	Cukup Bagus
5	3,2 - 6,4	
6	6,4 - 12,8	Kurang Bagus
7	12,8 -	Jelek

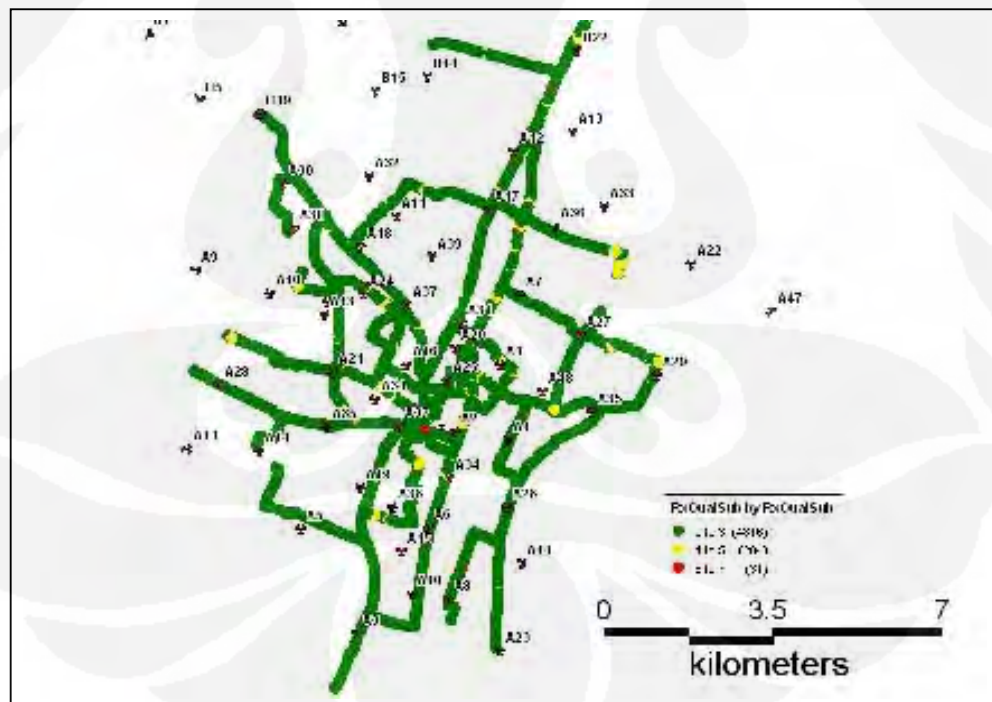
3. **MOS (*Mean Opinion Score*)**, merupakan suatu pengukuran untuk mengetahui kualitas suara yang diterima dari media setelah kompresi atau transmisi. Hal ini berarti MOS merupakan parameter yang dapat dijadikan sebagai acuan ketika melakukan optimasi kualitas suara dalam jaringan GSM. Nilai MOS dinyatakan dalam kisaran 1 sampai 5, di mana 1 merupakan kualitas suara terendah dan 5 adalah pengukuran kualitas suara yang tertinggi. Tabel menunjukkan kisaran kualitas MOS.

Tabel 3.12 Konversi Kualitas MOS [8]

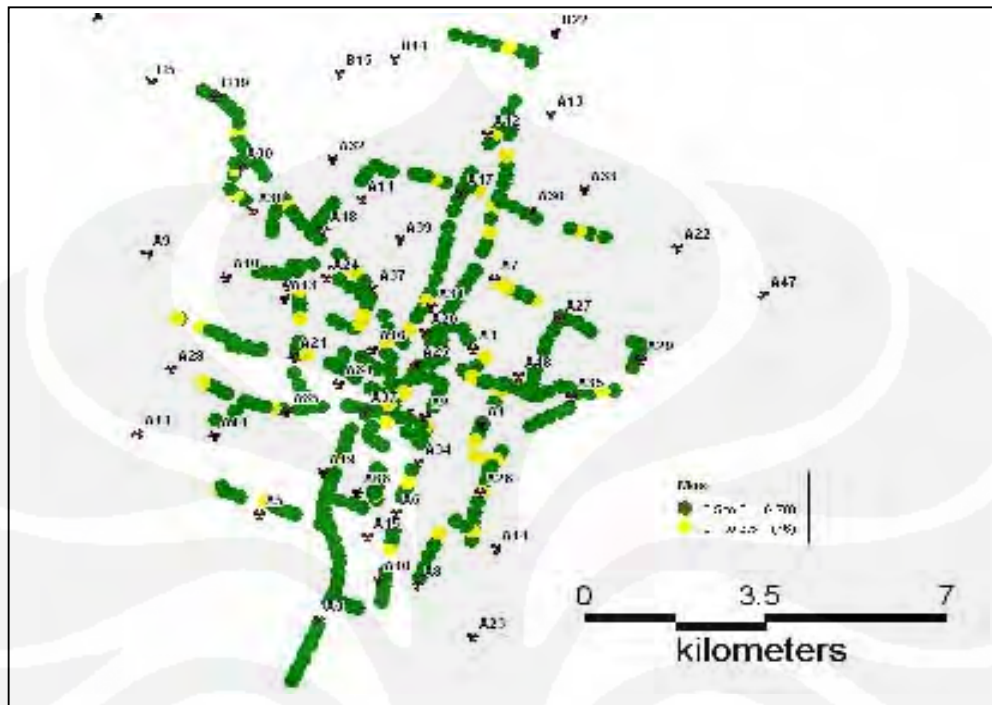
MOS	Kualitas
5	Excellent
4	Good
3	Fair
2	Poor
1	Bad



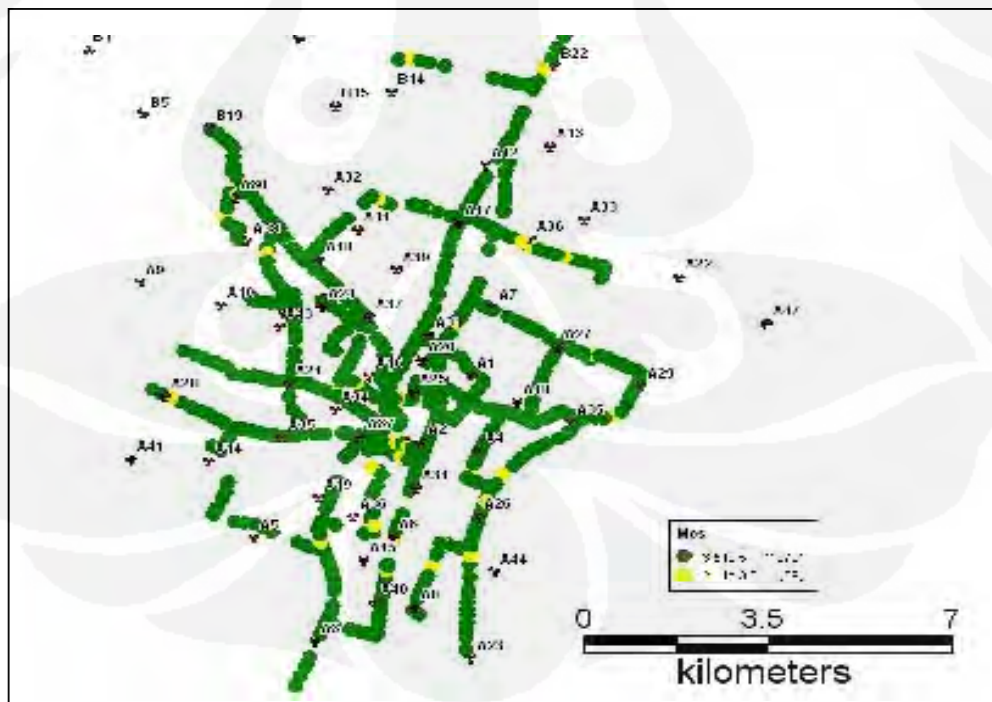
Gambar 3.5 RX Qual Sebelum Implementasi SFH



Gambar 3.6 RX Qual Steelah Implementasi SFH



Gambar 3.7 MOS Sebelum Implementasi SFH



Gambar 3.8 MOS Setelah Implementasi SFH

BAB 4

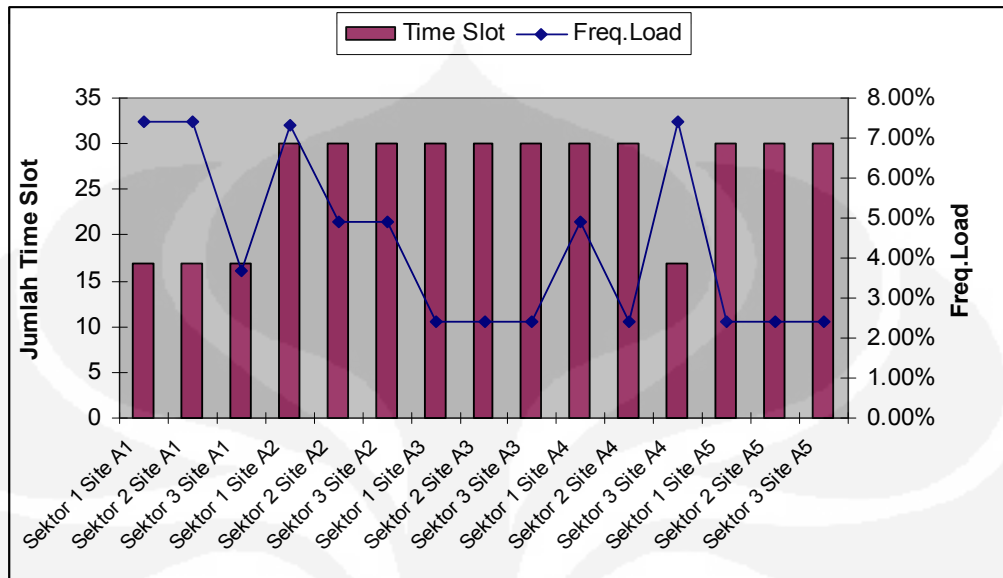
ANALISIS DATA

4.1 Analisis Perencanaan Frekuensi

Perencanaan frekuensi pada *Synthesizer Frequency Hoping* (SFH) pada daerah malang berdasarkan perhitungan mempunyai nilai FAR 1,8 dan *frequency load* rata – rata bernilai 4,6 % sedangkan dalam ketentuan, syarat agar kemungkinan tabrakan antar frekuensi rendah maka jika FAR bernilai 1 harus mempunyai maksimum *frequency load* yang dihasilkan adalah 8 %. Dalam hal ini perencanaan frekuensi tersebut sesuai karena memiliki nilai *frequency load* rata – rata dibawah 8 %.

Table 4.1 Tabel Perbandingan TRX, Jumlah TCH dan L_{freq}

Nama Site	Sektor	TRX	Jumlah TCH	L_{freq}
A1	1	2	17	7,4 %
	2	2	17	7,4 %
	3	1	17	3,7 %
A2	1	3	30	7,3 %
	2	2	30	4,9 %
	3	2	30	4,9 %
A3	1	1	30	2,4 %
	2	1	30	2,4 %
	3	1	30	2,4 %
A4	1	2	30	4,9 %
	2	1	30	2,4 %
	3	2	17	7,4 %
A5	1	1	30	2,4 %
	2	1	30	2,4 %
	3	1	30	2,4 %



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan *Frequency Load* dan Jumlah *time slot*/TCH

Pada gambar 4.1 menunjukkan perbandingan persentase *frequency load* dengan jumlah *time slot* atau TCH. Persentase *frequency load* tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah *time slot* tetapi dipengaruhi juga oleh jumlah TRX pada *site* tersebut. Dapat dilihat pada gambar 4.1, walaupun mempunyai jumlah timeslot yang sama tetapi nilai *frequency load* berbeda hal ini dikarenakan adanya perbedaan jumlah TRX (lihat table 4.1).

4.2 Analisis MAIO (*Mobile Allocation Index Offset*)

Dalam menentukan pola MAIO dibutuhkan $MAIO_{offset}$ dan $MAIO_{step}$. Parameter ini diperlukan agar urutan pancaran frekuensi dapat ditentukan sesuai dengan yang diinginkan dan tidak terjadi interferensi antara kanal satu dengan kanal lainnya.

4.3 Analisis HSN (*Hopping Sequence Number*)

Penentuan HSN (*Hopping Sequence Number*) diperlukan untuk menghindari penggunaan frekuensi kanal yang sama dan bersebelahan pada waktu yang bersamaan. Pada satu site HSN yang digunakan harus sama dan setiap site harus memiliki HSN yang berbeda.

4.4 Analisis Data *Drive Test*

Data pengukuran *drive test* dilakukan sebelum dan sesudah implementasi SFH di daerah Malang. Sehingga dapat dianalisis berdasarkan Rxlev sebelum dan sesudah implementasi SFH, RXQual sebelum dan sesudah implementasi dan MOS atau kualitas suara sebelum dan sesudah implementasi SFH.

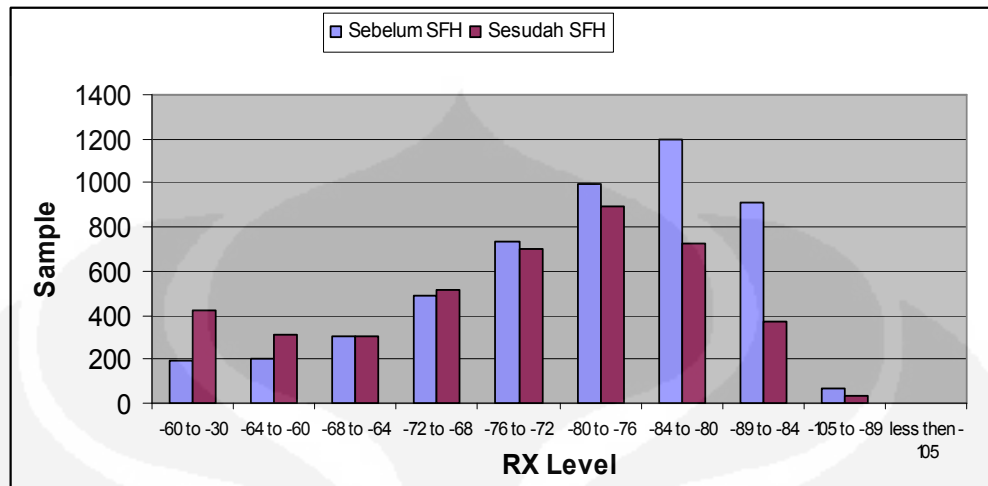
4.4.1 Analisis RXLev

Data pengukuran sebelum dilakukannya SFH menunjukkan keadaan area Malang yang sesungguhnya dimana kebanyakan mempunyai cakupan besaran RX level yang bagus, tetapi ada beberapa daerah yang mempunyai cakupan RX Level yang jelek yang diperlihatkan dengan warna merah pada gambar 3.2 dan 3.3. Cakupan area ini yang nantinya akan dievaluasi dan diperbaiki.

Semakin besar nilai RX Level kualitas sinyal semakin baik lihat table 3.10. Perbandingan kualitas RX Level sebelum dan sesudah SFH dapat dilihat pada gambar 3.2 dan 3.3 dan dirangkum dalam tabel sebagai berikut :

Table 4.2 Perbandinga RX Lev Sebelum dan sesudah SFH

RX Lev (dBm)	Sebelum SFH	Sesudah SFH
-60 to -30	197	420
-64 to -60	202	309
-68 to -64	300	306
-72 to -68	485	514
-76 to -72	733	696
-80 to -76	997	891
-84 to -80	1201	729
-89 to -84	911	373
-105 to -89	68	31
less then -105	1	2



Gambar 4.2 Grafik RX Lev Sebelum dan Sesudah Implementasi SFH

Setelah dilakukan pengukuran RX Level sebelum implementasi SFH didapat bahwa cakupan distribusi RX Level yang mempunyai kualitas baik meningkat. Sehingga daerah cakupan yang sebelumnya berwarna merah jumlahnya berkurang dan terjadi peningkatan kualitas RX Level setelah dilakukan SFH.

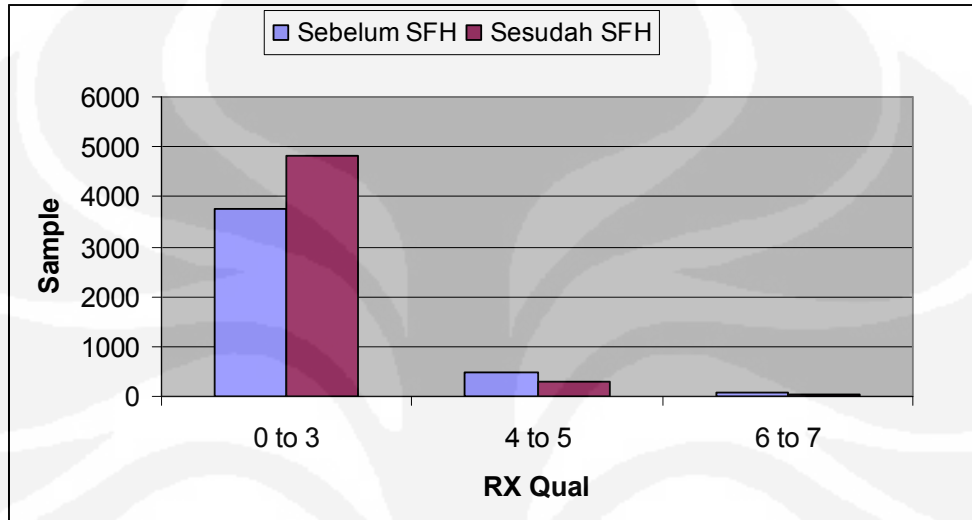
Dari kedua gambar diatas dapat dilihat terjadinya peningkatan distribusi RX Level secara keseluruhan. Sesuai dengan tabel 3.10, bahwa pada gambar 3.3 warna hijau yang berada pada level -30 sampai dengan -72 terjadi peningkatan dari 1184 menjadi 1558 dari 4300 *sample* yang digunakan atau sekitar 8,7 %. Dari gambar 3.3 juga terlihat RX Level yang paling kecil yang bernilai -89 sampai dengan -105 dBm berkurang dari 68 menjadi 31. Hal ini menunjukkan setelah dilakukan SFH kualitas sinyal meningkat sehingga kemungkinan terjadinya *dropped call* dan kegagalan *handover* diwilayah ini semakin kecil.

4.4.2 Analisis RXQual

Dalam suatu system jaringan GSM dikatakan bagus apabila mempunyai nilai RXQual yang kecil. Semakin kecil nilai RXQual unjuk kerja jaringan semakin bagus.

Table 4.3 Perbandingan RX Qual Sebelum dan Sesudah Implementasi SFH

RX Qual	Sebelum SFH	Sesudah SFH
0 to 3	3754	4816
4 to 5	478	284
6 to 7	81	31



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan RX Qual Sebelum dan Sesudah Implementasi SFH

Untuk hasil pengukuran Rx Qual hasil rata-rata nilai RXQual pada kisaran 0 – 3 merupakan level dengan kualitas baik atau kemungkinan error yang terjadi sangat kecil seperti ditunjukkan pada tabel 3.12.

Sebelum implementasi SFH RX Quality pada level 0 – 3 atau memiliki BER sekitar 0 – 1,6 % (lihat tabel 3.11) berjumlah 3754 setelah implementasi SFH terjadi peningkatan sebesar 4816 atau sebesar 21,2 %, tetapi ada beberapa site yang memiliki nilai RXQual 4 – 5 atau sekitar 1,6 – 6,4 % dan 6 - 7 atau sekitar 6,4 – 12,8 %. Setelah dilakukan implementasi SFH nilai RXQual secara keseluruhan mengalami peningkatan kualitas, sehingga kemungkinan *bit error* yang terjadi semakin kecil dan unjuk kerja jaringan semakin baik.

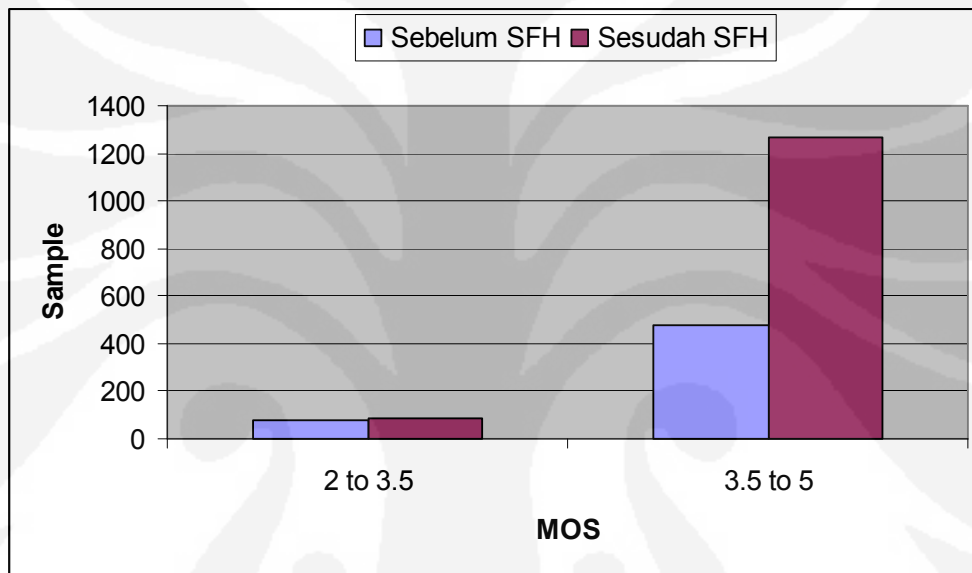
4.4.3 Analisis MOS (*Mean Opinion Score*)

Untuk mengetahui kualitas suara dari suatu jaringan baik atau tidak dapat menggunakan parameter MOS atau SQI. Pada pengukuran ini menggunakan MOS, dimana semakin besar nilai MOS kualitas suara dari suatu jaringan semakin

baik lihat table 3.12. Berdasarkan hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.7 dan 3.8 bahwa distribusi MOS sebagian besar berada pada range 3,5 sampai dengan 5.

Table 4.4 Perbandingan MOS Sebelum dan Sesudah Implementasi SFH

MOS	Sebelum SFH	Sesudah SFH
3.5 to 5	478	1270
2 to 3.5	76	89



Gambar 4.4 MOS Sebelum dan Sesudah Implementasi SFH

Setelah dilakukan implementasi SFH, MOS pada range 3,5 sampai dengan 5 meningkat dari 478 menjadi 1270 dan walaupun terjadi peningkatan pada 2 sampai dengan 3,5 dari 76 menjadi 89, secara keseluruhan kualitas suara yang didapat setelah implementasi SFH meningkat. Sehingga persentase peningkatan MOS sebesar :

$$\begin{aligned} \% \text{ peningkatan MOS} &= (1270-478)/1400 \times 100\% \\ &= 56,6 \% \end{aligned}$$

Jadi secara keseluruhan terjadi perbaikan dari sisi kualitas jaringan di daerah Malang.

BAB 5

KESIMPULAN

1. Dalam perencanaan SFH yang perlu ditentukan adalah daftar MA (Mobile Allocation), pola MAIO dan HSN agar tidak terjadi tabrakan dan interferensi antar kanal frekuensi.
2. Pada area cakupan Malang , mempunyai nilai FAR 1 dengan frequency load 4,6 % atau dibawah 8 % sehingga tabrakan frekuensi pada area ini sangat rendah.
3. Kualitas sinyal pada area cakupan Malang setelah implementasi pada level - 30 sampai dengan - 72 dBm yang menunjukkan kualitas sangat baik mengalami peningkatan sebesar 8,7 %.
4. Unjuk kerja pada area cakupan Malang setelah implementasi SFH meningkat sebesar 21,2 %.
5. Kualitas suara pada area cakupan Malang setelah implementasi SFH mengalami peningkatan sebesar 56,6 %.

DAFTAR ACUAN

- [1] <http://tata50.wordpress.com/2008/08/23/mengenal-jaringan-gsm-bagian-1/>
- [2] <http://www.elektroindonesia.com/elektro/el03a.html>
- [3] http://www.edukasi.net/pengpop/pp_full.php?ppid=208&fname=fdma.htm
- [4] <http://tata50.wordpress.com/2008/08/24/mengenal-jaringan-gsm-bagian-2/>
- [5] <http://telekomui.org/?p=52>
- [6] Siswayana, Pravira .IMT 2000 sebagai layanan komunikasi bergerak generasi ketiga.2001.
- [7] Ericsson, User Definition Frequency Hoping, Ericsson, 2009, hal 13
- [8] Nokia, Frequency Hoping Network Planning Guide.Oktober, 1998.
- [9] www.sttelkom.ac.id
- [10] <http://www.liyantanto.files.wordpress.com/.../02-pengenalan-konsep-seluler.ppt>

DAFTAR REFERENSI

Ericsson, User Definition Frequency Hopping, Ericsson, 2009, hal 12

Nokia, Network Planning Guide for Frequency Hopping, 2000

Nokia Networks oy. Introduce to GSM, TC. Finland, 2002

Blechsmidt, Dierk, and Volke, Andreas. Introduce of Frequency hopping. Siemens AG, 1999

e-dukasi.net. (2009)

<http://www.edukasi.net/pengpop/pp_full.php?ppid=208&fname=fdma.htm>

Tata. (2009, April) <<http://tata50.wordpress.com/2008/08/23/mengenal-jaringan-gsm-bagian-1/>>

Tata. (2009, April) <<http://tata50.wordpress.com/2008/08/24/mengenal-jaringan-gsm-bagian-2/>>

Elektro *online* (1999). <<http://www.elektroindonesia.com/elektro/el03a.html>>

Julitra. (April 2009). <<http://julitra.wordpress.com/2009/04/17/memahami-frekuensi-hopping-sfh/>>

Stttelkom. <www.stttelkom.ac.id>

Liyantanto. <<http://www.liyantanto.files.wordpress.com/.../02-pengenalan-konsep-seluler.ppt>>

Erlang B Traffic Table

Maximum Offered Load Versus Band N
 B₀ in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111	.1765	.2500	.4286	.6667
2	.0042	.0321	.0458	.1054	.1528	.2235	.3813	.5954	.7962	1.0000	1.449	2.000
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8904	1.271	1.693	1.950	2.633	3.480
4	.2347	.3624	.4303	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045	2.501	2.945	3.891	5.021
5	.4820	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.210	2.880	3.454	4.010	5.189	6.596
6	.7282	.9057	1.146	1.622	1.909	2.376	2.960	3.758	4.445	5.109	6.514	8.191
7	1.054	1.392	1.679	2.158	2.501	2.935	3.738	4.666	5.461	6.230	7.856	9.800
8	1.422	1.830	2.051	2.730	3.128	3.627	4.543	5.597	6.498	7.369	9.213	11.42
9	1.826	2.392	2.558	3.333	3.783	4.348	5.370	6.548	7.651	8.622	10.88	13.68
10	2.260	2.993	3.092	3.961	4.461	5.084	6.216	7.511	8.616	9.685	11.95	14.68
11	2.722	3.329	3.361	4.610	5.160	5.842	7.076	8.487	9.691	10.86	13.33	16.31
12	3.207	3.678	4.231	5.279	5.876	6.615	7.950	9.474	10.78	12.04	14.72	17.95
13	3.713	4.447	4.831	5.964	6.607	7.402	8.835	10.47	11.87	13.22	16.11	19.60
14	4.239	5.032	5.446	6.663	7.352	8.200	9.730	11.47	12.97	14.41	17.50	21.24
15	4.781	5.634	6.077	7.376	8.108	9.010	10.63	12.48	14.07	15.61	18.90	22.89
16	5.339	6.250	6.722	8.101	8.875	9.828	11.54	13.50	15.18	16.61	20.30	24.54
17	5.911	6.878	7.378	8.834	9.652	10.66	12.46	14.52	16.29	18.01	21.70	26.19
18	6.496	7.519	8.046	9.578	10.44	11.49	13.39	15.55	17.41	19.22	23.10	27.84
19	7.093	8.170	8.724	10.33	11.23	12.33	14.32	16.58	18.53	20.42	24.51	29.50
20	7.701	8.831	9.412	11.09	12.03	13.18	15.25	17.61	19.65	21.64	25.92	31.15
21	8.319	9.511	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65	20.77	22.85	27.33	32.81
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69	21.90	24.06	28.74	34.46
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74	23.03	25.28	30.15	36.12
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.79	24.16	26.50	31.56	37.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83	25.30	27.72	32.97	39.44
26	11.54	12.97	13.70	15.80	16.96	18.38	20.94	23.89	26.43	28.94	34.39	41.10
27	12.21	13.69	14.44	16.60	17.80	19.27	21.90	24.94	27.57	30.16	35.80	42.76
28	12.88	14.41	15.18	17.41	18.64	20.15	22.87	26.00	28.71	31.38	37.21	44.41
29	13.56	15.13	15.93	18.22	19.49	21.04	23.83	27.05	29.85	32.61	38.63	46.07
30	14.25	15.86	16.68	19.03	20.34	21.93	24.80	28.11	31.00	33.84	40.05	47.74
31	14.94	16.60	17.44	19.85	21.19	22.83	25.77	29.17	32.14	35.07	41.46	49.40
32	15.63	17.34	18.21	20.68	22.05	23.73	26.75	30.24	33.28	36.30	42.88	51.06
33	16.34	18.09	18.97	21.51	22.91	24.63	27.72	31.30	34.43	37.52	44.30	52.72
34	17.04	18.84	19.74	22.34	23.77	25.53	28.70	32.37	35.58	38.75	45.72	54.38
35	17.75	19.59	20.52	23.17	24.64	26.44	29.69	33.43	36.72	39.99	47.14	56.04
36	18.47	20.35	21.30	24.01	25.51	27.34	30.66	34.50	37.87	41.22	48.56	57.70
37	19.19	21.11	22.08	24.85	26.38	28.25	31.64	35.57	39.02	42.45	49.98	59.37
38	19.91	21.87	22.86	25.69	27.25	29.17	32.62	36.64	40.17	43.68	51.40	61.03
39	20.64	22.64	23.65	26.53	28.13	30.08	33.61	37.72	41.32	44.91	52.82	62.69
40	21.37	23.41	24.44	27.38	29.01	31.00	34.60	38.79	42.48	46.15	54.24	64.35
41	22.11	24.19	25.24	28.23	29.89	31.92	35.58	39.86	43.63	47.38	55.66	66.02
42	22.85	24.97	26.04	29.09	30.77	32.84	36.57	40.94	44.78	48.62	57.08	67.68
43	23.59	25.75	26.84	29.94	31.66	33.76	37.57	42.01	45.94	49.85	58.50	69.34

86	24.22	26.82	27.64	28.88	32.84	34.88	34.88	32.28	27.28	41.28	44.22	71.22
88	24.28	27.22	28.28	27.88	32.22	32.44	34.88	32.17	28.28	42.22	41.28	72.27
89	24.22	26.14	28.28	32.22	34.22	34.88	32.88	32.28	38.22	42.88	42.27	74.22
87	24.88	28.22	28.27	28.28	34.22	37.28	41.84	38.22	42.88	42.22	44.28	74.22
88	27.28	28.28	32.88	34.28	38.21	38.28	42.88	47.22	47.21	48.22	48.21	77.28
89	28.18	32.88	34.88	38.21	37.22	38.22	42.88	48.28	42.27	47.27	47.24	78.22
90	28.27	31.28	32.81	38.88	37.22	42.28	44.22	48.88	44.22	48.21	48.28	81.28
91	29.88	32.28	32.22	38.88	44.22	41.28	44.22	42.88	48.28	48.28	48.28	82.28
92	30.22	32.88	42.18	47.22	38.22	42.28	48.22	41.22	48.28	48.28	71.21	82.22
93	31.27	32.22	34.88	38.22	42.22	42.28	47.22	42.22	47.22	42.22	72.21	84.28
94	31.28	34.81	38.27	38.27	41.21	42.22	48.22	48.28	48.28	42.28	74.28	87.28
95	32.22	38.22	44.22	42.28	42.21	42.88	48.22	48.22	48.22	48.22	74.22	88.21
96	32.28	38.28	37.28	41.22	42.22	48.28	48.22	48.28	48.28	48.28	77.22	88.27
97	34.27	38.28	38.28	42.21	44.22	48.22	47.22	47.22	42.22	47.22	78.22	92.28
98	34.28	37.28	38.22	42.28	48.22	47.22	42.88	48.22	42.22	48.22	78.22	92.28
99	34.28	38.88	38.28	42.27	48.28	48.22	42.88	48.22	48.27	48.28	81.27	94.27
90	34.82	38.22	42.22	48.28	48.28	48.22	48.27	42.22	48.22	48.22	78.22	92.21
91	35.21	42.22	47.22	48.28	47.28	48.28	48.27	41.22	48.28	72.22	82.22	94.22
92	34.22	42.22	42.27	48.28	48.27	47.22	48.22	42.28	47.28	72.22	84.28	91.22
93	34.88	42.27	42.27	47.22	48.28	42.28	47.28	42.28	48.22	74.22	84.27	92.28
94	34.28	42.21	44.28	48.21	42.22	48.22	48.27	44.28	72.22	78.27	84.22	94.22
95	40.88	42.22	48.22	48.22	41.22	48.22	48.21	48.22	71.22	77.22	84.22	94.22
96	41.28	42.28	48.28	48.28	42.22	48.22	48.22	48.22	72.22	74.28	81.28	92.28
97	42.27	48.28	48.28	48.28	42.22	48.22	48.22	48.22	72.22	74.28	82.27	92.28
98	42.27	48.28	48.28	42.27	48.22	48.22	42.28	72.22	74.28	82.28	84.22	92.28
99	44.88	47.28	48.22	48.28	48.21	48.21	48.27	71.22	72.22	82.22	84.28	94.28
71	48.28	48.22	48.28	48.28	47.22	48.28	48.28	72.28	74.22	84.28	84.27	94.22
72	48.28	48.28	48.28	48.28	47.28	48.22	48.28	72.27	74.28	84.28	84.28	91.28
73	47.22	48.22	47.22	48.28	48.28	47.22	74.28	84.28	84.28	84.22	91.22	91.22
74	47.21	47.28	42.28	47.28	48.22	42.28	48.22	74.28	81.22	84.28	82.27	91.28
75	48.22	47.28	48.21	48.22	48.22	48.22	48.22	74.22	82.28	84.28	84.21	92.28
76	48.28	42.22	48.27	48.28	41.28	48.28	74.28	77.22	84.28	84.28	84.28	92.28
77	48.22	42.28	48.22	48.28	42.28	48.22	71.27	74.22	84.22	84.22	84.28	91.28
78	41.28	42.21	48.28	48.28	41.28	48.27	72.28	84.22	84.28	84.28	84.28	91.28
79	41.27	42.22	48.28	47.28	42.22	47.22	74.22	81.22	87.28	84.21	84.28	91.22
80	42.28	48.21	47.22	42.27	48.28	48.28	74.22	82.22	84.21	84.28	81.22	91.28
81	43.21	48.28	48.27	48.27	44.22	48.28	74.28	82.22	84.28	84.28	84.28	92.28
82	44.22	47.22	48.28	48.28	47.22	74.21	74.28	84.28	81.28	84.28	84.28	91.28
83	48.28	48.28	48.22	48.28	48.28	71.27	77.27	84.28	82.21	84.28	84.28	91.28
84	48.27	48.28	41.27	48.28	48.28	72.28	74.28	84.28	84.27	84.28	84.28	91.28
85	48.28	48.28	42.22	47.22	74.22	74.28	74.21	87.27	84.28	81.22	84.28	91.28
86	47.22	47.22	48.22	48.21	74.28	74.28	84.27	84.21	84.21	84.22	84.28	91.28
87	48.22	42.28	48.27	48.22	71.28	74.22	84.28	84.28	84.28	84.28	84.28	91.28
88	48.27	42.22	48.28	48.28	72.22	74.28	84.27	84.28	84.28	84.28	84.28	91.28
89	48.22	42.27	48.21	74.28	74.28	77.28	84.28	84.28	84.28	84.28	84.28	91.28
90	48.22	42.28	48.28	71.28	74.28	74.21	84.21	84.28	84.28	84.28	84.28	91.28

Erlang B Traffic Table

Minimum Offered Load Versus B and N

N/B	Offered Load (Erlangs)												
	0.01	0.02	0.1	0.5	1.0	2	5	10	15	20	30	40	
1	0.001	0.005	0.050	0.500	1.000	2.000	5.000	10.000	15.000	20.000	30.000	40.000	
2	0.042	0.221	0.429	0.674	1.178	2.245	4.113	7.054	10.000	14.488	20.000	26.667	
3	0.068	0.357	0.688	1.099	1.755	2.822	4.694	7.776	11.601	16.700	23.333	31.429	
4	0.147	0.624	1.093	1.702	2.594	4.022	6.329	9.848	14.400	20.000	27.778	37.037	
5	0.220	0.898	1.621	2.522	3.831	5.807	8.719	13.219	19.000	26.667	35.714	47.619	
6	0.382	1.397	2.446	3.822	5.709	8.388	12.318	18.000	25.714	35.000	46.667	62.857	
7	0.654	2.397	4.078	6.204	9.178	13.422	19.500	28.000	38.571	50.000	65.000	85.714	
8	1.021	3.824	6.381	9.602	14.022	20.250	28.500	39.000	51.429	65.000	83.333	109.524	
9	1.628	5.802	9.591	14.312	20.709	29.500	40.500	54.000	70.000	90.000	116.667	157.143	
10	2.580	8.888	13.987	21.112	30.000	41.500	55.000	73.000	95.000	120.000	157.143	214.286	
12	4.722	16.259	25.631	39.620	57.000	78.000	105.000	140.000	180.000	233.333	300.000	400.000	
13	6.927	23.778	37.041	55.729	80.000	108.000	145.000	190.000	245.000	316.667	400.000	533.333	
14	9.713	33.447	50.881	75.984	108.000	145.000	195.000	255.000	330.000	420.000	533.333	700.000	
15	13.399	46.017	68.444	102.666	145.000	195.000	260.000	340.000	435.000	550.000	700.000	933.333	
16	18.444	62.444	92.889	138.889	195.000	260.000	345.000	450.000	570.000	733.333	933.333	1233.333	
17	25.667	84.444	126.667	190.000	260.000	345.000	455.000	585.000	750.000	966.667	1233.333	1633.333	
18	35.714	114.286	171.429	250.000	345.000	455.000	590.000	765.000	983.333	1266.667	1633.333	2133.333	
19	49.000	154.286	231.429	330.000	455.000	590.000	765.000	983.333	1266.667	1633.333	2133.333	2833.333	
20	66.667	208.571	314.286	440.000	590.000	765.000	983.333	1266.667	1633.333	2133.333	2833.333	3733.333	

Keterangan :

B: Grade of Service (GOS)

N: Jumlah Kanal

Misalkan :

- Jumlah Kanal yang tersedia 16 mempunyai Grade of Service 1% maka rata-rata intensitas trafik seorang user adalah 8.875 Erlang
- Diketahui rata-rata intensitas trafik suatu user adalah 10 Erlang dengan GOS 2% maka kanal yang dibutuhkan adalah 17 kanal.

Grade of Service adalah Informasi tentang intensitas trafik selama jam sibuk yang menjadi dasar untuk dimensioning sistem wireless pada nilai Grade of Service yang ditentukan. Atau Grade of Service adalah probabilitas panggilan ditolak (diblok) selama jam sibuk. Untuk wireless, target desain GOS adalah 2% atau 5%. Target 1% digunakan jika sistem wireless digunakan untuk melengkapi wireline pada aplikasi bisnis seperti pada low tier PCS. Tabel GOS diperlukan untuk mengetahui berapa kanal yang dibutuhkan untuk minimum GOS yang diperyaratkan.

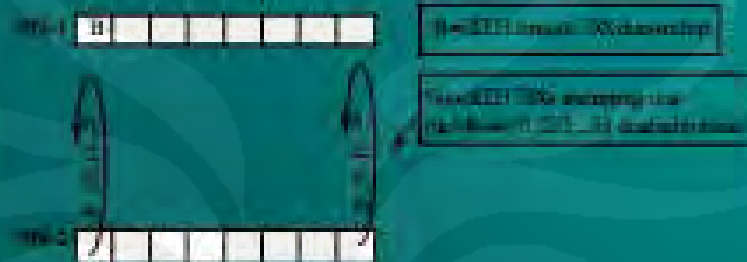
Analisis Perencanaan Synthesizer Frequency Hoping Pada Jaringan GSM

Oleh :
Isna Wisanti
0706199464

Synthesizer Frequency Hoping (SFH)

- Merupakan teknik hopping yang dipakai pada sistem GSM dengan melakukan perubahan frekuensi selama transmisi.
- Pada SFH aliran data di hop ke frekuensi yang berbeda dalam TRX yang sama dan time slot yang sama

Synthesizer Frequency Hopping (SFH)



Perencanaan Synthesizer Frequency Hopping (SFH)

Ketentuan Parameter SFH :

Parameter	Definisi
Difer MA	Difer MA yang digunakan pada SFH maximum 03 bitumen. Dalam termasuk 0001
SFHopping Mode	SFH (Synthesizer Frequency Hopping)
TRX (HoppingSequence Number)	TRX yang di hopping pada semua time slot adalah 0-03
MAOffset	0-02
MAChop	0-02
Jumlah TRX yang digunakan	Max 13 TRX



Data Perencanaan MAIO

FAK	Kasus	TREK #	Mutasi/awal	Mutasi/akhir
A4	Kasus 1	TREK 0	N CCH	
		TREK 1		
		TREK 2	0	0
	Kasus 2	TREK 0	N CCH	
		TREK 1		
		TREK 2	-1	0
	Kasus 3	TREK 0	N CCH	
		TREK 1	0	0
		TREK 2		
A4	Kasus 1	TREK 0	N CCH	
		TREK 1		
		TREK 2	0	-1
	Kasus 2	TREK 0	N CCH	
		TREK 1		
		TREK 2	0	-1
	Kasus 3	TREK 0	N CCH	
		TREK 1	0	-1
		TREK 2		

Urutannya akan pada TREK dapat menggunakan parameter n,DF, i
 (MUTASI) pada awal +1000000 (n,DF)

- FAK A4 (A4) :
- FAK akan pada awal MAIO di kasus 1 pada n
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 Maka pada MAIO di kasus 1 di awal 0,0
 - FAK akan pada awal MAIO di kasus 2 pada n
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 Maka pada MAIO di kasus 2 di awal 0,0
 - FAK akan pada awal MAIO di kasus 3 pada n
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 Maka pada MAIO di kasus 3 di awal 0,0
- FAK A4 (A4) :
- FAK akan pada awal MAIO di kasus 1 pada n
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 Maka pada MAIO di kasus 1 di awal 0,0
 - FAK akan pada awal MAIO di kasus 2 pada n
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 Maka pada MAIO di kasus 2 di awal 0,0
 - FAK akan pada awal MAIO di kasus 3 pada n
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 MAUTMUT (n,DF) = 0, (DF) (n,DF)
 Maka pada MAIO di kasus 3 di awal 0,0

Perencanaan Frekuensi

- FAR (Frequency Allocation Reuse) adalah parameter yang menunjukkan seberapa dekat frekuensi yang sebenarnya digunakan kembali dalam jaringan.
- Pada perencanaan frekuensi FAR digunakan untuk menentukan frequency load pada suatu jaringan.
- $FAR = N_{neighbor} / N_{reuse}$
 $= 48 / 26,53 = 1,8$
- Pada perencanaan ini memiliki FAR 1,8 maka frequency load yang dihasilkan 4,6 %. Sehingga kemungkinan tabrakan antar frequency rendah.

Perencanaan MAIO

- Berfungsi mengatur kanal frekuensi dalam daftar MA yang harus memancar terlebih dahulu untuk mencegah interferensi
- Pada perencanaan MAIO ada dua parameter yang harus ditentukan yaitu:
 - MAIOstep adalah pemisah kanal antara TRX pada sel yang sama
 - MAIOoffset digunakan untuk mengontrol kanal pemisah antar sektor di site yang sama.

Perencanaan HSN

- Berfungsi mengatur pola pancaran frekuensi dalam suatu daftar MA.
- HSN diusahakan berbeda antara satu site dengan site lainnya dimaksudkan untuk membuat hopping berbeda satu dengan lainnya dalam suatu interval waktu sehingga mencegah terjadinya tabrakan
- Untuk SFH HSN yang digunakan 0 – 63, sehingga penentuan HSN boleh berapa saja selama setiap site memiliki HSN yang berbeda dengan jumlah sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan.

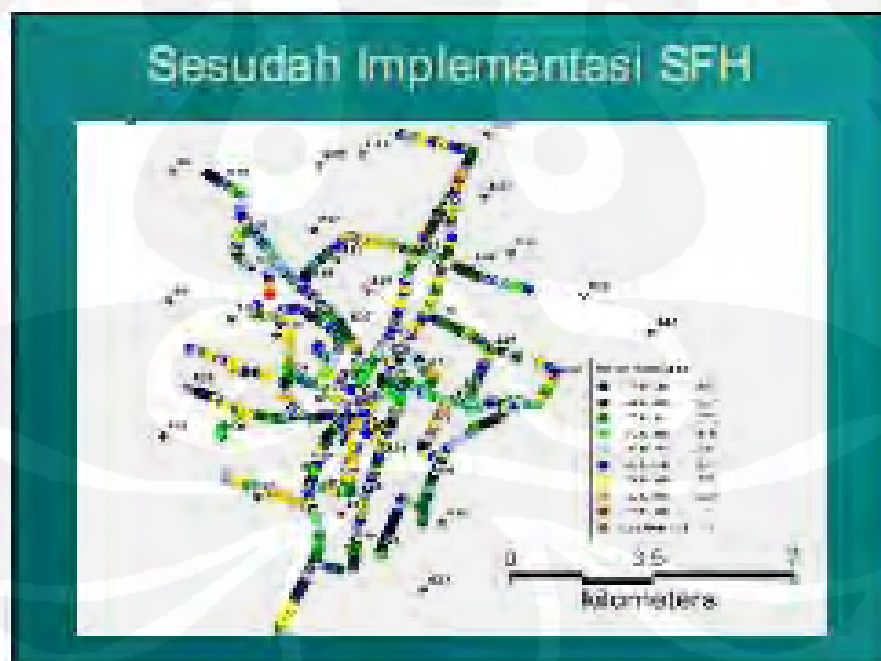
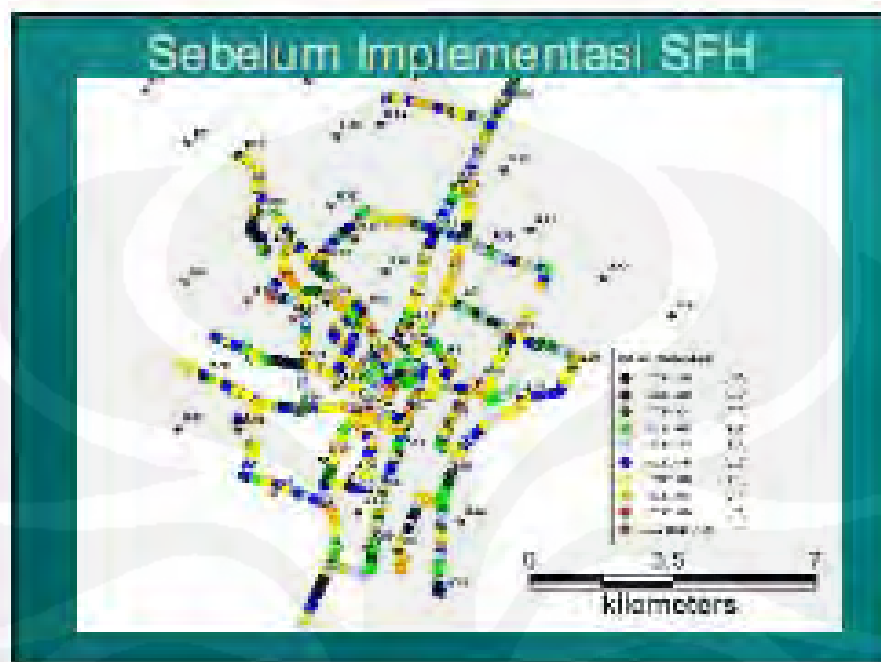
		BCCH	TCH	DMB	MSB
A1	Sektor 1	(834)	(956)(962)	80	0, 2, 4, 6, 8
	Sektor 2	(840)	(958)(964)	80	0, 2, 4, 6, 8
	Sektor 3	(837)	(960)	80	0, 2, 4
A2	Sektor 1	(839)	(956)(978)(960)	19	0, 2, 0, 2, 4, 6
	Sektor 2	(841)	(962)(964)	19	0, 2, 4, 6, 8
	Sektor 3	(834)	(966)(968)	19	0, 2, 10, 12
A3	Sektor 1	(837)	(960)	28	0, 2, 0
	Sektor 2	(834)	(958)	28	0, 2, 2
	Sektor 3	(844)	(960)	28	0, 2, 4
A4	Sektor 1	(841)	(958)(962)	43	0, 2, 0, 2, 4
	Sektor 2	(832)	(958)	43	0, 2, 2
	Sektor 3	(844)	(960)(966)	43	0, 2, 4, 6, 10
A5	Sektor 1	(842)	(956)	48	0, 2, 0
	Sektor 2	(832)	(958)	48	0, 2, 2
	Sektor 3	(842)	(960)	48	0, 2, 4

- Contoh Synthesizer Frequency Hoping pada site A2
- Gambar Plot SFH Kota Malang

Pengukuran Drive Test

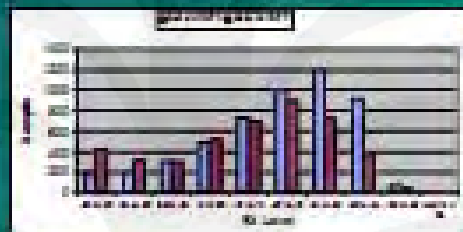
- RX Level merupakan parameter yang mempresentasikan besaran kuat sinyal yang terukur.

Parameter	Unit	Skala
Rx Level	dBm	Range
Rx Level	dBm	Range
Rx Level	dBm	Range
Rx Level	dBm	Range



Perbandingan RK dan Estimasi Standard Error

RK (Rp/ah)	Standard Error	Standard Error
100.000	1.000	1.000
200.000	1.414	1.414
300.000	1.732	1.732
400.000	2.000	2.000
500.000	2.236	2.236
600.000	2.449	2.449
700.000	2.646	2.646
800.000	2.828	2.828
900.000	3.000	3.000
1.000.000	3.162	3.162



Pengukuran Drive Test

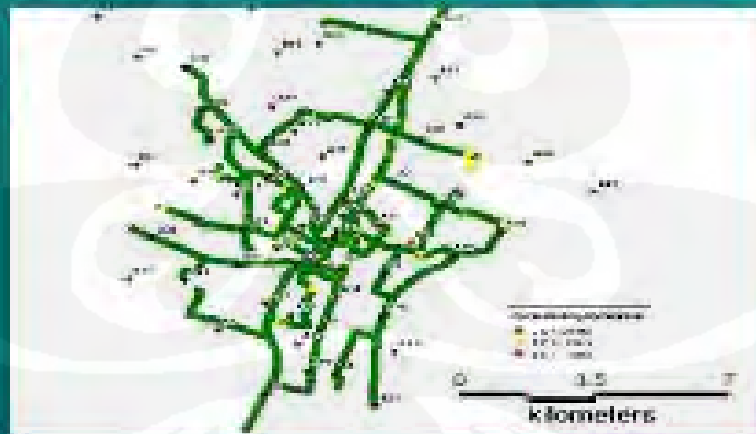
- RK Quality merupakan suatu rangkaiannya 0 sampai dengan 7, dimana setiap nilai mempresentasikan adanya jumlah of error dalam sinyal/aur yang ditransmisikan.

RK Quality	Maximum Rate (Mbps)	Quality
0	0.100	Sangat Buruk
1	0.200	
2	0.400	
3	0.600	Buruk
4	0.800	
5	1.000	Cukup Buruk
6	1.200	
7	1.500	Cukup Bagus
8	1.800	
9	2.000	Baik
10	2.500	

Sebelum Implementasi SFH

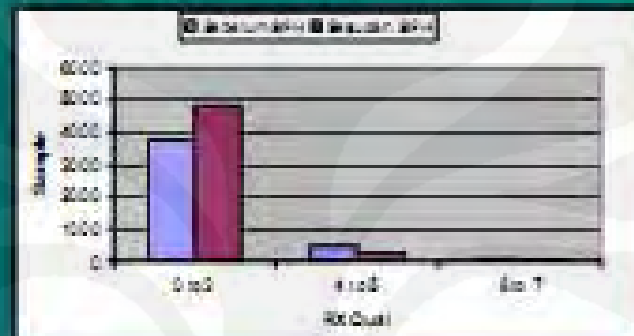


Sesudah Implementasi SFH



Perbandingan RX Qual Sebelum dan Setelah Implementasi 3PH

Angka	Sebelum 3PH	Setelah 3PH
100%	20%	20%
90%	20%	20%
80%	0%	0%

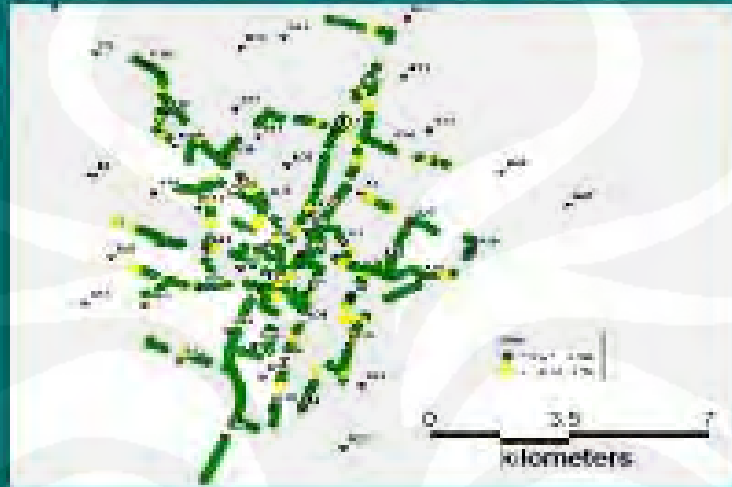


Pengukuran Drive Test

- MOS (Mean Opinion Score), merupakan suatu pengukuran untuk mengetahui kualitas suara yang diterima dari media setelah kompresi atau transmisi.

Skala	Deskripsi
5	Excellent
4	Good
3	Fair
2	Poor
1	Bad

Sbelum Implementasi SFH

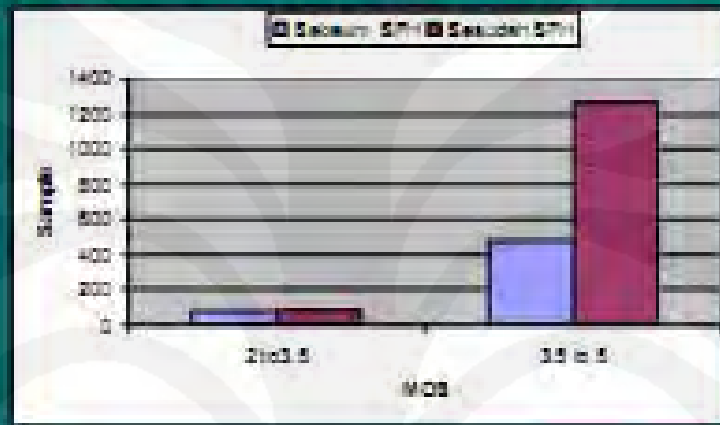


Sesudah Implementasi SFH



Perbandingan MOS Sebelum dan Setelah Implementasi SFH

MOS	Sebelum	Setelah
2 to 3,5	4%	2%
3,5 to 5	9%	9%



Kesimpulan

- Dalam perencanaan SFH yang perlu ditentukan adalah daftar MA (Mobile Allocation), pola MAIO dan HSN agar tidak terjadi tabrakan dan interferensi antar kanal frekuensi.
- Pada area cakupan Malang, mempunyai nilai FAR: 1 dengan frequency load 4,6 % atau dibawah 5 % sehingga tabrakan frekuensi pada area ini sangat rendah.
- Kualitas sinyal pada area cakupan Malang setelah implementasi pada level - 30 sampai dengan - 72 dBm yang menunjukkan kualitas sangat baik mengalami peningkatan sebesar 8,7 %.
- Tingkat kerja pada area cakupan Malang setelah implementasi SFH meningkat sebesar 21,2 %.
- Kualitas suara pada area cakupan Malang setelah implementasi SFH mengalami peningkatan sebesar 56,6 %.